

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**PROPUESTA DE GESTIÓN PARA LOS DESECHOS DE
MERCURIO GENERADOS EN EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:

**MIGUEL ANTONIO BEZA ESTRADA
JOHAN DONNELLY BONILLA DOMÍNGUEZ
BESSI MARICELA LANDAVERDE**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL 2016

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR INTERINO :

LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

DIRECTORA :

INGA. TANIA TORRES RIVERA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO QUÍMICO

Título :

**PROPUESTA DE GESTIÓN PARA LOS DESECHOS DE
MERCURIO GENERADOS EN EL SALVADOR**

Presentado por :

**MIGUEL ANTONIO BEZA ESTRADA
JOHAN DONNELLY BONILLA DOMÍNGUEZ
BESSI MARICELA LANDAVERDE**

Trabajo de Graduación Aprobado por :

Docente Asesora :

INGA. EUGENIA SALVADORA GAMERO DE AYALA

San Salvador, abril de 2016

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesora :

INGA. EUGENIA SALVADORA GAMERO DE AYALA

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad de El Salvador**, nuestra alma mater que nos abrió las puertas a innumerables conocimientos para coronar nuestra carrera profesional.

A la **Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos** y su personal que nos han guiado con profesionalismo en cada una de sus disciplinas y nos apoyaron.

A nuestra asesora **Inga. Eugenia Gamero**, que con paciencia y accesibilidad tuteló el desarrollo de este trabajo de graduación.

A la **Inga. Delmy del Carmen Rico Peña**, por sus aportes y sus consejos que fueron valiosos en cada momento a lo largo de nuestro camino universitario.

DEDICATORIA

Por Miguel A. Beza

Muchas veces lo realmente importante es invisible a los ojos, y es que son cuestiones tan sencillas como este documento o como los años gastados, vividos o invertidos en el desarrollo de una profesión los que algunos sobrevaloran y otros subestimamos, pues el valor real que estos tienen no es precisamente nuestro esfuerzo o el estatus que alcanzamos sino más bien el valor del esfuerzo de quienes ayudaron a construirlo.

Aun cuando no visualizo un logro en estos frutos (iniciar una carrera profesional o el mismo título como tal), si lo es de mis padres... ellos que creen en mí, quienes apoyan todas mis buenas decisiones y se esfuerzan por que aprenda de las no tan buenas que también son parte de la vida.

Por otro lado quiero dejar plasmado que mi titulación no es más que el reflejo de mis maestros (aquellos que aman enseñar y lograron transmitirme la emoción de aprender y conocer). Siempre he pensado que detrás de un buen estudiante existen excelentes maestros, y yo de una u otra forma tuve a los mejores.

Finalmente esta obra la dedico a El Salvador, pues fue pensada para él con motivo de contribuir a solucionar algunas de las diversas problemáticas de las que sufre día a día, cumpliendo así con parte del compromiso que orgullosamente acepté cuando el Gobierno de El Salvador a través del Programa de Becas FANTEL (2009) creyó que soy capaz de afrontar.

A todos, gracias.

Por Johan Donnelly Bonilla Domínguez

Al mirar hacia atrás y recordar el camino recorrido puedo ver mi formación profesional y los constantes obstáculos que se presentaron que no hubiera superado sin el apoyo de todas las personas que estuvieron a mi lado, por tal razón quiero dedicarles el fruto de este esfuerzo que ahora comparto con ustedes.

A Dios, por haberme mostrado el camino y que con amor me dio fuerzas para superar cada prueba. Por mostrarme que cada cosa tiene su razón de ser y que los obstáculos son oportunidades para mejorar.

A mis padres, Lilian y Walter que con sacrificio me dieron lo mejor para cumplir mis objetivos y me inculcaron los valores que me permitieron culminar esta y cada una de las etapas de mi vida. Sus consejos han sido siempre mi mejor aprendizaje.

A mis hermanos, Yubiny y Nancy que me apoyaron cada día en especial cuando flaqueaba contra las limitaciones y que me eran sinceros al mostrarme mis errores.

A Marta María, la persona que me ha acompañado en este camino, que ha vivido cada uno de mis sentimientos de cerca y que siempre me brindó su apoyo con paciencia y amor.

A mis compañeros, Bessi y Miguel con quienes he superado los retos de este proceso y que hemos compartido la presión, los desvelos y las horas de trabajo.

A mis maestros de la Escuela de Ingeniería Química, en especial a nuestra asesora Ingra. Eugenia Gamero quien con mucho profesionalismo nos ha guiado por este camino y a quien le guardo un profundo respeto.

“El éxito de la vida no está en vencer siempre, sino en no darse por vencido nunca.”

Anónimo

Johan Donnelly Bonilla Domínguez

Por Bessi Maricela Landaverde

Agradezco a **Dios** porque su mano poderosa me sostuvo a lo largo de la jornada, por guiarme y por permitirme culminar una etapa importante de mi vida.

A mis padres **Elizabeth y Nelson**, por darme la vida, por sus consejos y apoyarme incondicionalmente cada día.

A **Edith Rivas** por ser como una madre y enseñarme que lo más importante en la vida es tener a Dios en nuestro corazón y permitirle a Dios que cumpla su plan maravilloso en nuestras vidas.

A **JOH**, una persona muy especial que me instó a seguir cada momento, porque eres mi mejor ejemplo de éxito, por enseñarme que con esfuerzo, disciplina y constancia puedo hacer cualquier cosa en la vida, gracias por la paciencia, por el apoyo incondicional, eres mi motor y una de las bendiciones más grandes que ilumina mi vida. A mi hermana **Naydilin** por las muchas veces que al verme estudiar de noche me preparabas café, te quiero mucho hermanita.

A nuestra asesora **Inga. Eugenia Gamero**, por ser una excelente guía, por su paciencia y su tiempo brindado. A mis maestros de la Escuela de Ingeniería Química, en especial a la Inga. Tania Torres que es una de las personas que admiro muchísimo por sus amplios conocimientos y disciplina; a la **Inga. Delmy Rico** por su carácter apacible y por ser una excelente maestra a la que todo le entendía con facilidad, porque tiene el don de la enseñanza.

A la **Inga. Marilyn de León** ya que al iniciar mi carrera era una de las alumnas brillantes de la escuela de Ingeniería Química y que aunque nunca lo supo, desde entonces he admirado muchísimo por su inteligencia, disciplina y dedicación. Es un ejemplo a seguir para los ingenieros químicos.

A todos infinitas gracias porque son parte esencial de este logro.

"La vida enseña. Las personas que pasan por tu vida también".

Bessi Maricela Landaverde.

RESUMEN

El mercurio es considerado una sustancia peligrosa por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y existe una preocupación a nivel mundial sobre la manipulación de los desechos que se encuentran contaminados con éste.

En El Salvador, actualmente no existe un sistema de gestión adecuado para estos desechos en sintonía con sus propiedades y peligros por lo que en su totalidad se mezclan con los desechos comunes representando un riesgo tanto para los seres humanos como para el medio ambiente.

Esta investigación se concentra en la caracterización de la situación nacional con referencia a los desechos de mercurio, su origen, el tratamiento que reciben y los impactos ambientales que generan con el fin de proponer alternativas seguras.

La identificación de los desechos de mercurio se realiza con el procedimiento detallado en el Instrumental para la Identificación y Cuantificación de los Desechos de Mercurio respaldado por el PNUMA dando como resultado un volumen de 325 toneladas anuales de desechos de este tipo las cuales tienen como fuente única los productos con mercurio añadido que se obtienen vía importación.

Las mayores cantidades de desechos de mercurio provienen de los interruptores eléctricos y las luminarias fluorescentes representando en conjunto un 85% de toda la problemática.

Con esta base se realiza la evaluación de los impactos ambientales de las actividades relativas a la gestión actual de éstos desechos utilizando el Método de los Criterios Relevantes Integrados en la cual se destaca el agua, el suelo, la salud y la seguridad humana como factores críticamente afectados.

De esta forma se plantea una propuesta integral para la gestión ambientalmente razonable de los desechos de mercurio que consiste en las siguientes partes, identificación y separación en la fuente, almacenamiento temporal, exportación o pretratamiento y disposición final.

.

ÍNDICE

	PÁG
INTRODUCCIÓN.....	1
1 CONTAMINACIÓN POR MERCURIO: CAUSAS, EFECTOS Y TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO	2
1.1 Mercurio: Características y Usos	3
1.1.1 El Mercurio y sus Efectos Tóxicos en Salud Humana.....	4
1.1.2 Fuentes de Mercurio y su Interacción con el Medio Ambiente.....	9
1.1.3 Liberación del Mercurio de los Productos que lo Contienen	12
1.1.4 Fuentes Antropogénicas Generadoras de Desechos de Mercurio	13
1.2 Tecnologías de Eliminación de Desechos de Mercurio	15
1.2.1 Operaciones de Recuperación	15
1.2.2 Operaciones No Destinadas a la Recuperación de Mercurio Elemental.....	24
2 MARCO LEGAL APLICABLE A DESECHOS SÓLIDOS Y DESECHOS PELIGROSOS	38
3 IDENTIFICACIÓN DE LOS DESECHOS DE MERCURIO Y SU GESTIÓN ACTUAL EN EL SALVADOR.....	42
3.1 Productos y Desechos de Mercurio Generados en El Salvador	42
3.1.1 Productos con Mercurio Añadido Importados	42
3.1.2 Procesos Industriales que Utilizan Mercurio Desarrollados en El Salvador.....	63
3.1.3 Perspectivas de la Generación de Desechos de Mercurio en El Salvador	64
3.2 Gestión actual de los desechos de Mercurio	68
3.2.1 Manejo General de Los Desechos en El Salvador	69
4 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA GESTIÓN ACTUAL DE LOS DESECHOS DE MERCURIO GENERADOS EN EL SALVADOR	75
4.1 Método de Criterios Relevantes Integrados (CRI)	75
4.1.1 Parámetros de Evaluación del Método CRI	76
4.2 Identificación de Actividades.....	80
4.3 Identificación de Factores Ambientales Afectados	81

	PÁG
4.4	Confrontación de Actividades y Factores Ambientales 83
4.5	Evaluación y Priorización de Impactos 85
4.5.1	Evaluación y Cálculo del Valor de Impacto Ambiental 85
4.5.2	Priorización de Factores Impactados 88
5	GUÍA DE GESTIÓN PARA LOS DESECHOS DE MERCURIO 91
5.1	Responsabilidad Extendida del Productor (REP) 92
5.2	Propuesta de Identificación, Manipulación y Recolección 95
5.2.1	Identificación de Desechos con Mercurio Añadido 95
5.2.2	Manipulación de Desechos de Mercurio 99
5.2.3	Recolección de los Desechos de Mercurio 99
5.3	Propuesta de Almacenamiento temporal In Situ en las Fuentes de Generación 104
5.3.1	Emplazamiento y preparación: 105
5.3.2	Etiquetado y rotulación: 106
5.3.3	Almacenamiento de mercurio elemental 107
5.3.4	Mecanismo de almacenamiento de mercurio 109
5.3.5	Almacenamiento de desechos contaminados con mercurio 109
5.3.6	Almacenamiento de lámparas fluorescentes 110
5.3.7	Procedimientos generales 111
5.4	Propuesta de Empaque, etiquetado y transporte de Desechos de Mercurio 112
5.4.1	Empaque 112
5.4.2	Etiquetado 114
5.4.3	Lineamientos Generales para Transporte fuera de la Instalación 114
5.5	Propuesta de Almacenamiento Intermedio en una Instalación Central 118
5.5.1	Emplazamiento y preparación 118
5.5.2	Requisitos generales de diseño 120
5.5.3	Procedimientos de la instalación de almacenamiento 128
5.6	Propuestas de Pre-Tratamiento de Desechos de Mercurio 132
5.6.1	Tratamiento para Lámparas de Mercurio como Residuo 132

	PÁG
5.6.2 Tratamiento de Estabilización de Mercurio como HgS	134
5.7 Propuesta de Disposición Final de los Desechos de Mercurio	136
5.7.1 Sistema de Barreras de Seguridad	136
5.7.2 Exportación de Desechos de Mercurio	148
CONCLUSIONES.....	153
RECOMENDACIONES	154
REFERENCIAS.....	155
ANEXOS.....	159
ANEXO A: Respuesta Oficial de Solicitud de Información MINSAL Referente a Productos con Mercurio Añadido en El Salvador.....	159
ANEXO B: Respuesta Oficial de Solicitud de Información ISSS Referente a Productos con Mercurio Añadido en El Salvador.....	160
ANEXO C: Respuesta Oficial de Solicitud de Información MARN Referente a Procesos que Utilizan Mercurio en El Salvador	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama de la recuperación del mercurio a partir de desechos sólidos Fuente: (PNUMA & SCB, 2012).....	17
Figura 1.2 Concepto de la inclusión completa Fuente: (PNUMA & SCB, 2012).....	36
Figura 1.3 Principales componentes de un sistema de barreras múltiples y su distribución en el sistema (esquema) Fuente: (PNUMA & SCB, 2012).	37
Figura 3.1 Flujo de importación para termómetros de mercurio	44
Figura 3.2 Flujo de importación de termostatos.....	46
Figura 3.3 Flujo de importación de presostatos.....	47
Figura 3.4 Flujo de importación de disyuntores termomagnéticos al vacío	51
Figura 3.5 Flujo de importación de disyuntores para una tensión inferior o igual a 60 V	51
Figura 3.6 Flujo de importación de interruptores unipolares para una tensión inferior o igual a 250 V.....	52
Figura 3.7 Flujo de importación de interruptores automáticos termoelectrónicos.....	52
Figura 3.8 Flujo de importación de lámparas de vapor de mercurio o sodio	56
Figura 3.9 Flujo de importación de pilas de óxido de mercurio.....	57
Figura 3.10 Flujo de importación de cementos y demás productos dentales	61
Figura 3.11 Toneladas anuales promedio de productos con mercurio añadido importados calculados en base al periodo 2006-2014 Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.....	66
Figura 3.12 Distribución por categorías de productos con mercurio añadido Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA.....	67
Figura 3.13 Esquema de gestión actual de los desechos de Mercurio en El Salvador Fuente: Elaboración propia.....	68
Figura 5.1 Línea de gestión de los desechos con mercurio añadido Fuente: Elaboración propia.....	91
Figura 5.2 Símbolo de uso obligatorio en los productos con mercurio añadido en los Estados Unidos. Fuente: (PNUMA & SCB, 2012).....	97
Figura 5.3 Identificación de Bombilla con Contenido de Mercurio Fuente: (PNUMA, 2008)	97

Figura 5.4 Ejemplo de etiquetado de un producto (lámpara fluorescente) Fuente: (PNUMA & SCB, 2012).....	98
Figura 5.5 Ejemplo de señal de advertencia Fuente: http://somoemaya.com	107
Figura 5.6 Ejemplo de etiquetado para recipientes con desechos de mercurio. Fuente: (PNUMA & SCB, 2012).....	107
Figura 5.7 Equipo de protección personal para manipulación de desechos de mercurio Fuente: http://www.descont.com.co/	108
Figura 5.8 Empaques para almacenamiento de lámparas fluorescentes Fuente: http://blogjsanchezrecuperaciones.es/	111
Figura 5.9 Señales de prohibición en los sitios de almacenamiento Fuente: http://listado.mercadolibre.com.mx/	112
Figura 5.10 Señales de alerta para transporte de desechos de mercurio Fuente: http://www.americanas.com.br/	116
Figura 5.11 Componentes recuperados en el reciclaje de las lámparas fluorescentes Fuente: www.megaluz.com	133
Figura 5.12 Componentes de lámparas fluorescentes post-tratamiento Fuente: www.recyclingequipos.com	133
Figura 5.13 Sistema propuesto para almacenaje permanente de desechos de mercurio. Fuente: (CRBAS y Red de Centros, 2012)	139
Figura 5.14 Diseño de contenedor propuesto. Fuente: (CRBAS y Red de Centros, 2012)	140
Figura 5.15 Reciclaje de catalizadores Fuente: (UNEP & ISWA, 2015)	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Matriz de selección- Principales categorías de fuentes	14
Tabla 1.2 Subcategorías para uso deliberado de mercurio como material auxiliar en procesos industriales	14
Tabla 1.3 Subcategorías para productos de consumo con uso deliberado de mercurio	15
Tabla 1.4 Ejemplos de operaciones de tratamiento previo por tipo de desecho (Parte I)	18
Tabla 1.5 Ejemplos de operaciones de tratamiento previo por tipo de desecho (Parte II)	19
Tabla 1.6 Valores típicos del espesor vertical de la roca hospedante y profundidad de evacuación posible (según Grundfelt y otros, 2005).....	37
Tabla 2.1 Leyes Salvadoreñas Aplicables a Desechos Sólidos y Desechos Peligrosos	39
Tabla 2.2 Convenios y Protocolos suscritos por El Salvador en Materia de Desechos y Materiales Peligrosos.....	40
Tabla 2.3 Instrumentos Legales Internacionales Relacionados a la Gestión del Mercurio.....	41
Tabla 3.1 Datos de importación de termómetros.....	43
Tabla 3.2 Datos de importación de termostatos	45
Tabla 3.3 Datos de importación de presostato	47
Tabla 3.4 Datos de importación de disyuntores termomagnéticos	49
Tabla 3.5 Datos de importación de disyuntores para una tensión inferior o igual a 60 V	50
Tabla 3.6 Datos de importación de disyuntores unipolares	50
Tabla 3.7 Datos de importación de interruptores termoeléctricos.....	50
Tabla 3.8 Datos de importación de lámparas de vapor de mercurio	54
Tabla 3.9 Mercurio presente en tubos fluorescentes	55
Tabla 3.10 Mercurio presente en lámparas compactas.....	55
Tabla 3.11 Datos de importación de pilas de óxido de mercurio	57
Tabla 3.12 Vacunas con timerosal utilizados por el ISSS	59

Tabla 3.13 Datos de importación de amalgamas y cementos dentales.....	60
Tabla 3.14 Insumos odontológicos con mercurio utilizados por el MINSAL	62
Tabla 3.15 Tendencias de la importación por partidas arancelarias identificadas de productos con mercurio añadido.....	65
Tabla 3.16 Entidades autorizadas por el MARN para la disposición final de medicamento e insumos vencidos y otros desechos peligrosos (Parte I).....	73
Tabla 3.17 Entidades autorizadas por el MARN para la disposición final de medicamento e insumos vencidos y otros desechos peligrosos (Parte II)....	74
Tabla 3.18 Entidades autorizadas por el MARN para el transporte de medicamento e insumos vencidos y otros desechos peligrosos	74
Tabla 4.1 Escala de Valoración de la intensidad del impacto.....	76
Tabla 4.2 Escala de valoración de la extensión del impacto	77
Tabla 4.3 Escala de valoración del impacto	77
Tabla 4.4 Escala de valoración de la reversibilidad de los impactos	78
Tabla 4.5 Escala de valoración de la probabilidad de ocurrencia del impacto	79
Tabla 4.6 Escala de significatividad de los impactos evaluados.....	80
Tabla 4.7 Matriz de Interacción de Factores y Actividades	84
Tabla 4.8 Matriz de Cálculo del Valor de Impacto Ambiental y Significancia	87

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se detalla el análisis de la situación de la contaminación generada por mercurio y que da como resultado el planteamiento de una propuesta para la gestión ambientalmente racional de los desechos que conducen a dicha problemática.

Como primer paso se revisaron las diferentes características que hacen al mercurio un material especialmente valioso pero lamentablemente también peligroso. Así como se consideran sus características valiosas se enlistan los efectos que devienen si no se gestionan adecuadamente los desechos que lo contienen. De la misma manera se analizan las diferentes fuentes de las que sus desechos pueden provenir así como las tecnologías disponibles para su control adecuado.

Parte importante del planteamiento de una propuesta es la revisión de las implicaciones legales que se deben considerar, es por ello que parte de esta temática está dedicada a contemplar dicho aspecto; presentado así un resumen de las leyes y reglamentos que conciernen a la adecuada gestión de materiales peligrosos.

Siendo que las propuestas van orientadas a la gestión adecuada de los desechos que contienen mercurio, se han identificado, enumerado y cuantificado los materiales a los que se deben aplicar las medidas concernientes, no sin antes priorizar a los que son más relevantes en la problemática en base a múltiples criterios. De los desechos identificados en nuestro país se evalúan las implicaciones ambientales negativas que estos generan, la evaluación consiste en la aplicación del método de los Criterios Relevantes Integrados, revelando múltiples factores afectados con significancia crítica.

Finalmente, se eligen medidas concretas que cumplan los objetivos de la gestión racional de los desechos identificados, considerando las más adecuadas en torno a ciertas características de la situación de El Salvador.

1 CONTAMINACIÓN POR MERCURIO: CAUSAS, EFECTOS Y TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO

Partiendo de la premisa de que “El mercurio y sus compuestos no se pueden destruir; solo es posible aislarlos para que no circulen en el medio ambiente” y que “cuando se desechan productos que contienen mercurio en la corriente general de desechos, el mercurio contamina, los cursos de agua, los humedales y el aire y pone en peligro a las personas tanto a nivel local como mundial” (UNEP, 2008), se presenta la propuesta de gestión para los desechos de mercurio generados en El Salvador, en la cual se establecen las directrices específicas para el manejo, almacenamiento y disposición final de este contaminante.

Como primera aproximación a la problemática se identificaron y cuantificaron las principales fuentes generadoras de desechos de mercurio, tomando como referencia El Convenio de Minamata sobre el Mercurio. Dicho acuerdo es un conjunto de normas cuyo objetivo es “proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio” (UNEP, 2014) esto a través de la reducción generalizada de las liberaciones de dicho compuesto al ambiente.

Se investigó la gestión actual sobre los desechos de mercurio en El Salvador, con la cual se identificaron las acciones más importantes llevadas a cabo en las cuales se involucran directa o indirectamente a los desechos de mercurio y específicamente a su tratamiento.

Además se realizó una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), con el que se determinó el impacto ambiental que la disposición inadecuada de los desechos de mercurio provoca al medio ambiente; esto a través de la metodología que se estimó adecuada con base en los resultados de la primera etapa. Esta evaluación permitió conocer los efectos relevantes positivos y negativos sobre la situación y acciones sobre el medio ambiente, con el fin de establecer a priori las medidas requeridas para el adecuado control ambiental de los impactos negativos significativos.

Con los resultados obtenidos se elaborará una propuesta de gestión en la cual se establecieron lineamientos de manejo, almacenamiento y disposición final que cumplen con la normativa nacional y que contemplan recomendaciones de organismos e instituciones internacionales tales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe (BCCC por sus siglas en inglés) y otros.

Finalmente se diseñó una Guía de Implementación para la Gestión de los Desechos de Mercurio en El Salvador. Dicha guía contempla las acciones sistemáticas pertinentes que se deben adoptar para hacer efectivas el sistema de gestión que permita controlar las liberaciones de mercurio al ambiente.

1.1 MERCURIO: CARACTERÍSTICAS Y USOS

El mercurio es un elemento natural cuyo símbolo Hg viene de la palabra griega *hydrargyrum*, que significa plata líquida. En su forma pura, el mercurio es un metal blanco-plateado, líquido a temperatura y presión estándar. En diferentes contextos, al mercurio se le llama con frecuencia azogue, mercurio metálico o mercurio líquido. Comúnmente, el mercurio puro se denomina mercurio elemental (Weinberg, 2010).

La cantidad de mercurio que se encuentra circulando en la atmósfera, los suelos, lagos, arroyos y océanos del mundo ha aumentado por un factor de entre dos y cuatro desde el inicio de la era industrial, los niveles de mercurio en el medio ambiente son peligrosamente altos (Weinberg, 2010).

El mercurio es un producto químico de preocupación mundial debido a su transporte a larga distancia en la atmósfera, su persistencia en el medio ambiente tras su introducción antropógena, su capacidad de bio-acumulación en los ecosistemas y sus importantes efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente, es por ello que se hace necesario emprender medidas para gestionar el manejo del mercurio en El Salvador de manera eficaz, efectiva y coherente.

El Mercurio es un elemento natural, que existe en múltiples formas y en varios estados de oxidación. Es usado en una amplia variedad de productos y procesos

industriales. En el medio ambiente, el Mercurio puede sufrir transformaciones entre sus distintas formas y entre sus estados de oxidación, también se combina con otros elementos, tales como el cloro, azufre u oxígeno para formar compuestos inorgánicos de Mercurio o "sales", que son generalmente polvos o cristales blancos.

También se combina con el carbono para formar compuestos orgánicos de mercurio y se utiliza para producir soda cáustica, termómetros, empastes dentales, interruptores eléctricos, baterías y en actividades mineras de pequeña escala. Las sales de Mercurio se usan en cremas para aclarar la piel y ungüentos antisépticos (Fundación Chile, 2009).

1.1.1 El Mercurio y sus Efectos Tóxicos en Salud Humana

Los efectos del mercurio y sus compuestos ocasionan estragos en la salud humana y como describe además Weinberg (2010), no es nuevo que se conozcan los efectos toxicológicos del mercurio y sus compuestos, así como la gran cantidad de estudios que relacionan la participación de estos compuestos con el desarrollo de muchas enfermedades.

Desde el siglo primero después de Cristo se sabe que el mercurio es una sustancia tóxica, así lo describe el sabio romano Plinio el cual afirmaba que el envenenamiento con mercurio era una enfermedad de los esclavos, puesto que las minas contaminadas con vapor de mercurio eran consideradas demasiado insalubres para los ciudadanos de Roma.

En el siglo XIX, los obreros de la industria manufacturera de sombreros de Inglaterra sufrían a menudo síntomas neurológicos tales como irritabilidad, timidez, depresión, temblores y dificultad en el habla que se debía a la exposición a el nitrato de mercurio, una sustancia química que en esa época se usaba en forma generalizada en la confección de sombreros de fieltro.

Se cree que estos trabajadores envenenados fueron la fuente de la expresión habitual en lengua inglesa "mad as a hatter" (más loco que un sombrerero) e inspiraron el personaje del Sombrerero Loco.

La exposición ocupacional al mercurio no es solo un problema del pasado, siendo un problema actual para los trabajadores de muchas industrias, como la minería de mercurio; la producción de cloro-álcali; la fabricación de termómetros, lámparas fluorescentes, baterías y otros productos que contienen mercurio; la extracción y refinación de oro, plata, plomo, cobre y níquel; y el campo de la odontología.

El sistema nervioso es muy sensible a todas las formas de mercurio. El metilmercurio y los vapores del mercurio metálico son especialmente nocivos, porque el mercurio en estas formas llega rápidamente al cerebro. La exposición a altos niveles de mercurio metálico, inorgánico u orgánico, puede dañar el cerebro y los riñones en forma permanente, y se ha observado que afecta el desarrollo del feto, incluso meses después de la exposición de la madre.

Los efectos nocivos que pueden pasar de la madre al feto incluyen daño cerebral, retraso mental, ceguera, ataques, e incapacidad para hablar. Los niños envenenados con mercurio pueden desarrollar problemas en el sistema nervioso y el sistema digestivo, además de daño renal.

Los blancos primarios de la toxicidad del mercurio y de los compuestos de mercurio son el sistema nervioso, los riñones y el sistema cardiovascular.

Otros sistemas que pueden resultar afectados son los sistemas respiratorio, gastrointestinal, hematológico, inmunológico y reproductivo.

Más específicamente algunas de las diferentes afecciones que el mercurio y sus compuestos ocasionan en la salud humana según el folleto informativo "Introducción a la Contaminación, por Mercurio para las ONG" son las siguientes:; (Weinberg, 2010).

A. Mercurio elemental y sales de mercurio inorgánico

El mercurio puede causar daños si se inhalan sus vapores, ya que aproximadamente el 80 por ciento del vapor de mercurio inhalado es absorbido por el tracto respiratorio o a través de los senos nasales, para luego entra al sistema circulatorio y es distribuido por todo el cuerpo. La exposición crónica por inhalación,

incluso a concentraciones bajas, ha demostrado causar efectos tales como temblores, disminución de la habilidad cognitiva y alteraciones del sueño en las personas.

Se pueden encontrar vapores de mercurio elemental en muchos lugares de trabajo industrial (dependiendo de la industria) y también puede estar presente en los hospitales, consultorios de dentistas, escuelas y hogares donde se utilizan productos que contienen mercurio. La exposición por inhalación de estos vapores de mercurio constituye un riesgo importante.

Por otro lado, el mercurio elemental en forma líquida difiere de la mayoría de los compuestos de mercurio inorgánico y orgánico en que no es absorbido fácilmente por el cuerpo si alguien lo ingiere o se expone al contacto por la piel. Los datos obtenidos a partir de animales sugieren que menos del 0,01 por ciento del mercurio elemental ingerido es absorbido por el estómago y los intestinos. Son raros los casos de personas que se han envenenado al tragar mercurio elemental metálico (Weinberg, 2010).

Las sales de mercurio inorgánico, por otra parte, pueden ser altamente tóxicas y corrosivas. La exposición aguda a sales de mercurio inorgánico puede causar daño corrosivo en el estómago y los intestinos y ocasionar un daño renal importante. Si las sales de mercurio son ingeridas o entran en contacto con la piel, el cuerpo puede absorberlas a una tasa de alrededor del 10 por ciento de la cantidad ingerida, lo que daña los sistemas de diversos órganos, incluyendo el sistema nervioso central (Weinberg, 2010).

La tasa a la que el cuerpo absorbe las sales de mercurio inorgánico es mucho mayor que la tasa de absorción del mercurio elemental, pero más baja que las tasas de absorción de los compuestos de mercurio orgánico tales como el metil-mercurio, este compuesto cuando se ingiere es absorbido casi por completo por el estómago y los intestinos.

B. Metil-mercurio

El metil-mercurio (CH_3Hg^+) es la forma de mercurio con mayor responsabilidad por la contaminación con mercurio de los peces y mariscos, así como de las aves y mamíferos que se alimentan de ellos.

Existe un cierto número de formas diferentes en las que el mercurio se transforma en metil-mercurio en el ambiente. Las bacterias que viven en aguas con bajos niveles de oxígeno en disolución llevan a cabo un importante proceso de bio-metilación. Tal como sucede en aguas dulces y salobres cuyos sedimentos contienen o pueden contener ciertos niveles de metil-mercurio. También puede formarse metil-mercurio en los océanos, cuando el mercurio de la atmósfera cae sobre la superficie del océano y es transportado hasta las profundidades, donde las bacterias presentes de forma natural descomponen la materia orgánica y, al mismo tiempo, convierten el mercurio en metil-mercurio. Una vez en el medio ambiente, el metil-mercurio se bio-acumula y bio-magnifica a medida que los organismos más grandes se alimentan de los organismos más pequeños.

A diferencia del mercurio metálico, cuando una persona ingiere alimentos contaminados con metil-mercurio, el estómago y los intestinos lo absorben y transportan rápidamente hasta el torrente sanguíneo. Desde allí entra de inmediato en el cerebro de un adulto, de un niño o de un feto en desarrollo. El metil-mercurio se acumula en el cerebro y se va convirtiendo lentamente en mercurio inorgánico (elemental).

a. Efectos neurológicos

El sistema nervioso en desarrollo es más sensible a los efectos tóxicos del metil-mercurio que el sistema nervioso desarrollado, aunque tanto el cerebro del adulto como el del feto son susceptibles. La exposición prenatal al mercurio interfiere con el crecimiento de las neuronas en desarrollo del cerebro y otros lugares y tiene la capacidad para causar un daño irreversible al sistema nervioso central en desarrollo. Luego de la exposición asociada al consumo materno crónico de pescado, los lactantes podrían parecer normales durante los primeros meses de

vida, pero más tarde podrían mostrar déficits en efectos finales neurológicos sutiles, como déficit en el CI (Cociente Intelectual), tono muscular anormal y pérdidas en la función motora, en la atención y en el desempeño visual-espacial (Weinberg, 2010).

b. Enfermedad cardíaca y presión arterial alta

Investigadores encontraron una correlación entre el consumo de pescado contaminado con metil-mercurio y el riesgo de ataque cardíaco. Un estudio realizado con pescadores mostró que al comer más de 30 gramos (g) de pescado al día se duplicaba o triplicaba su riesgo de muerte por ataque cardíaco o accidente cardiovascular. También se observó el alza de la presión sanguínea en los hombres con exposición ocupacional (Weinberg, 2010).

c. Efectos sobre el sistema inmunológico

Los estudios ocupacionales sugieren que la exposición al mercurio puede afectar el sistema inmunológico de los seres humanos. Los estudios in vitro y con animales han mostrado que el mercurio puede ser tóxico para el sistema inmunológico y que la exposición prenatal al metil-mercurio puede producir efectos a largo plazo en el sistema inmunológico en desarrollo.

Los estudios sugieren que la exposición al metil-mercurio puede aumentar la susceptibilidad humana a las enfermedades infecciosas y enfermedades autoinmunes al dañar el sistema inmunológico (Weinberg, 2010).

d. Cáncer

Estudios han encontrado asociaciones entre la exposición al mercurio y la leucemia aguda, pero la fuerza de las conclusiones es limitada debido al pequeño tamaño de las poblaciones estudiadas y a la ausencia de control de otros factores de riesgo. También se ha asociado la exposición al mercurio con tumores renales en ratones machos, y se ha observado además que el mercurio causa daño cromosómico. A partir de los datos humanos, animales e in vitro disponibles, la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA por

sus siglas en inglés) clasificaron el metil-mercurio como un posible carcinógeno humano (Weinberg, 2010).

e. Efectos reproductivos

Los efectos reproductivos de la exposición al metil-mercurio no han sido evaluados en forma adecuada en los seres humanos. Sin embargo, una evaluación de los síntomas clínicos y los resultados finales de más de 6.000 personas expuestas al metil-mercurio durante un incidente de contaminación de trigo en Iraq mostró un descenso de la tasa de embarazos (una reducción del 79 por ciento), lo que aporta una evidencia sugestiva de un efecto del metil-mercurio en la fertilidad humana. Los estudios con animales, incluyendo trabajos con primates no humanos, encontraron problemas reproductivos que incluyen disminución de las tasas de concepción, pérdida temprana del feto y mortinatalidad (Weinberg, 2010).

f. Efectos en los riñones:

Se sabe que el mercurio metálico y el metil-mercurio son tóxicos para los riñones. Se observó daño renal después de la ingestión humana de formas orgánicas de mercurio a niveles de exposición que también causan efectos neurológicos. Los estudios con animales también indicaron toxicidad en los riñones inducida por el metil-mercurio (Weinberg, 2010).

1.1.2 Fuentes de Mercurio y su Interacción con el Medio Ambiente

Se ha calculado que aproximadamente un tercio del mercurio que circula en el medio ambiente mundial se produce en forma natural, y que aproximadamente dos tercios fueron liberados originalmente en el medio ambiente como resultado de la actividad industrial y otras actividades.

A. Fuentes Naturales de Mercurio (Ciclo del Mercurio)

El mercurio es liberado en el medio ambiente por las erupciones volcánicas y existe de manera natural en la corteza terrestre, a menudo en forma de sales de mercurio, como el sulfuro de mercurio.

El mercurio está presente en muy pequeñas cantidades en los suelos no contaminados, a una concentración promedio de alrededor de 100 ppb. Las rocas pueden contener mercurio en concentraciones de entre 10 y 20 000 ppb. Muchos diferentes tipos de actividades humanas remueven el mercurio de la corteza terrestre con algún propósito, y esto conduce a que el mercurio sea liberado en el medio ambiente en general.

Se puede producir mercurio elemental para uso humano a partir de un mineral llamado cinabrio, que contiene altas concentraciones de sulfuro de mercurio. También puede producirse mercurio elemental como un subproducto de la minería y refinación de metales como cobre, oro, plomo y zinc. El mercurio también puede recuperarse mediante operaciones de reciclaje y en algunos casos se obtiene del gas natural o de otros combustibles fósiles.

Después que el mercurio entra al aire, se mueve con el viento y eventualmente cae de regreso a la tierra. En el aire el mercurio puede viajar ya sea a una distancia corta como a una larga antes de caer nuevamente a la tierra; incluso puede circunvolar todo el globo. Una parte del mercurio que cae en el océano o sobre la tierra se revolatilizará, viajará de nuevo con el viento y caerá otra vez a la tierra en algún otro lugar. El mercurio que cae sobre la tierra y no se volatiliza, probablemente se unirá a materiales orgánicos. Una parte queda atrapada en la turba o en los suelos. El resto se escurre eventualmente hacia los arroyos y los ríos y luego hacia los lagos y los océanos.

En el medio ambiente acuático, el mercurio elemental probablemente quedará unido al sedimento y luego será transportado por las corrientes marinas o fluviales. Una parte del mercurio permanece disuelta en la columna de agua (Weinberg, 2010).

B. Fuentes Antropogénicas de Mercurio

La preocupación por el uso de mercurio en productos y procesos es que cuando se descartan productos que contienen mercurio en la corriente general de desechos, con frecuencia se dirigen al medio ambiente específicamente a cursos de agua, humedales, depósitos de basura junto a las carreteras, vertederos o basureros,

donde pueden ser quemados. El mercurio que estos productos contiene se libera finalmente en el aire, el agua y el suelo.

Las actividades humanas que liberan mercurio en el ambiente se llaman *fuentes antropogénicas* de mercurio y estas son:

a. Fuentes intencionales:

Estas fuentes surgen cuando se toma intencionalmente la decisión de crear un producto que contiene mercurio o de operar un proceso que lo utilice. Entre los ejemplos de productos que contienen mercurio o un compuesto de mercurio se hallan las lámparas fluorescentes, algunos termómetros, baterías e interruptores, y otros productos similares. Un proceso no industrial que usa mercurio es la minería en pequeña escala, en donde el mercurio elemental se usa para capturar el oro de la mezcla de rocas trituradas, de los sedimentos, del suelo o de otras partículas. Entre los ejemplos de procesos industriales están las plantas de fabricación de productos químicos que usan compuestos de mercurio como catalizadores, especialmente en la producción del monómero de cloruro de vinilo, y algunas plantas de cloro-álcali que usan piscinas de mercurio elemental como cátodo para la electrólisis (Weinberg, 2010).

b. Fuentes no intencionales:

Estas fuentes surgen de actividades que queman o procesan combustibles fósiles, menas o minerales que contienen mercurio como una impureza no deseada. Ejemplo de ello son las termoeléctricas, los hornos de cemento, la extracción y refinación de minerales metálicos y la extracción de combustibles fósiles, como carbón, petróleo, esquisto bituminoso y arenas bituminosas. Los incineradores y los rellenos sanitarios que se utilizan para eliminar productos y residuos con mercurio al término de su uso, también liberan mercurio en el medio (Weinberg, 2010).

i. *Actividades de removilización:*

Estas fuentes surgen de las actividades humanas que queman o despejan bosques o que inundan grandes áreas. La biomasa y los suelos superficiales orgánicos de

los bosques habitualmente contienen mercurio que ha caído desde el aire. La quema o el despeje de bosques especialmente bosques boreales o tropicales libera grandes cantidades de este mercurio, que retorna al aire (Weinberg, 2010).

1.1.3 Liberación del Mercurio de los Productos que lo Contienen

Los principales mecanismos de liberación de mercurio proveniente de fuentes antropogénicas, específicamente de los productos tecnológicos e instrumentos a lo largo de su ciclo de vida son:

- Emisiones y desechos generados durante la producción del mercurio (ya sea que se extraiga de una mina o que se obtenga como subproducto o mediante reciclado, etc.) que se usa en el producto;
- Emisiones ocurridas durante la fase de fabricación del producto;
- Liberación durante el uso habitual del producto, como en el caso de las amalgamas dentales, los cosméticos que contienen mercurio, etc.;
- Liberación por rotura durante el uso (por ejemplo, lámparas fluorescentes y termómetros de vidrio);
- Liberación por rotura en la corriente de desechos (por ejemplo, lámparas fluorescentes) o por vertido;
- Liberación durante el proceso de reciclado;
- Liberación asociada al tratamiento y eliminación final de desechos de mercurio (ya sea mediante enterramiento, incineración o reutilización de material de desecho, por ejemplo: en el cemento).

En cuanto a la cantidad que se libera de mercurio es difícil cuantificar el volumen que aportan las diversas fuentes. Gran parte del mercurio que se utiliza en los productos se emitirá en última instancia en el medio ambiente, ya sea en un basurero o cuando se queme basura al aire libre o se incinere. En muchos lugares del mundo, la eliminación no controlada permite que las toxinas entren directamente en el medio ambiente. Incluso parte del mercurio tratado y desechado en condiciones más controladas, como el que se coloca en vertederos designados,

también puede liberarse en el medio ambiente al cabo de un período de tiempo más prolongado (UNEP, 2008).

El mercurio movilizado por las actividades antropogénicas, presenta diversos modos de liberaciones al medio ambiente, como formas de distribución, redistribución y almacenamiento en los compartimientos ambientales, tales como la atmósfera, suelo y agua.

El mercurio adsorbido en partículas y los compuestos de mercurio iónico se depositan sobre el suelo y aguas cercanas a las fuentes (distancias locales a regionales), mientras que el vapor de mercurio elemental se transporta a escala hemisférica, lo que hace que las emisiones de este elemento sea una problemática mundial.

El mercurio es un importante contaminante marino, muy tóxico para los organismos acuáticos, debido a su bio-acumulación y bio-magnificación.

El riesgo de exposición sólo puede ser minimizado mediante el control estricto del movimiento del elemento en el ambiente, evitando su derivación hacia fuentes de agua en donde se transforma en su forma más tóxica.

El mercurio puede cambiar de estado y especie en el curso de su ciclo, pero no puede descomponerse ni degradarse en sustancias inocuas. Siendo su forma más simple el mercurio elemental, que ya en si mismo presenta altos niveles de toxicidad para los seres humanos y el ambiente. Una vez que las actividades humanas han puesto en circulación el mercurio en la biosfera, éste no desaparece de nuevo en lapsos de duración comparable a la vida humana (Martinez, AyralaQuiroga, & Zurbruggen, 2012).

1.1.4 Fuentes Antropogénicas Generadoras de Desechos de Mercurio

Las fuentes generadoras pueden ser de varios tipos, sin embargo con motivos de tener una clasificación más específica se adoptará la matriz de clasificación de principales fuentes y vías de liberación del mercurio según el *“Instrumental para la*

identificación y cuantificación de liberaciones de Mercurio” (PNUMA Productos Químicos, 2005). Estas categorías son (ver Tabla 1.1):

Tabla 1.1 Matriz de selección- Principales categorías de fuentes

Nº	Categorías Principales
1	Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía
2	Producción primaria (virgen) de metales
3	Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio
4	Uso deliberado de mercurio en procesos Industriales.
5	Productos de consumo con uso deliberado de mercurio
6	Otros usos deliberados en productos/procesos
7	Producción de metales reciclados (producción “secundaria” de metales)
8	Incineración de desechos
9	Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales
10	Crematorios y cementerios

Fuente: Adaptado de (PNUMA Productos Químicos, 2005)

La matriz gruesa de selección que aparece en la Tabla 1.1 facilita la evaluación preliminar de actividades (industrias, usos de productos, actividades domésticas, etc.), con potencial de liberar mercurio a una o más de las vías. Debe confirmarse la presencia o ausencia de la actividad en el país o región para cada categoría principal de fuentes, sin embargo bajo el alcance de este proyecto de investigación se analizarán únicamente las categorías 4 y 5, pues son las que conducen a la producción desechos sólidos que se tratan en a través de las corrientes comunes.

Dichas categorías se desglosan en subcategorías según se muestran en las siguientes tablas (ver Tabla 1.2 y Tabla 1.3):

Tabla 1.2 Subcategorías para uso deliberado de mercurio como material auxiliar en procesos industriales

Nº	Subcategorías
4.1	Producción de cloroálcali con tecnología de mercurio
4.2	Producción de VCM (monómeros de cloruro de vinilo) con bicloruro de mercurio (HgCl ₂) como catalizador
4.3	Producción de acetaldehídos con sulfato de mercurio (HgSO ₄) como catalizador
4.4	Otras formas de producción de químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores

Fuente: Adaptado de (PNUMA Productos Químicos, 2005)

Tabla 1.3 Subcategorías para productos de consumo con uso deliberado de mercurio

Nº	Subcategorías
5.1	Termómetros con mercurio
5.2	Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relevadores con mercurio
5.3	Fuentes de luz con mercurio
5.4	Pilas con mercurio
5.5	Biocidas y pesticidas
5.6	Pinturas
5.7	Productos farmacéuticos de uso humano y veterinario
5.8	Cosméticos y otros productos relacionados

Fuente: Adaptado de (PNUMA Productos Químicos, 2005)

La Tabla 1.3 contempla productos que pueden ser usados por grupos más amplios (y pueden estar sujetos a procedimientos de manejo de desechos públicos) e incluye liberaciones provenientes de la producción, uso y disposición.

1.2 TECNOLOGÍAS DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS DE MERCURIO

Para la eliminación ambientalmente racional de los desechos de mercurio se tomarán como base las “Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de desechos consistentes en mercurio elemental y desechos que contienen mercurio o están contaminados por este”, Aprobado en el 2011 en la décima reunión de la “Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación”

Dichas directrices consideran los siguientes dos tipos de operaciones para la eliminación del mercurio en sus formas elemental y desechos que lo contienen:

- Operaciones de Recuperación
- Operaciones no destinadas a la recuperación de mercurio elemental.

1.2.1 Operaciones de Recuperación

Estas operaciones consisten en los siguientes cuatro procesos:

- Tratamiento previo
- Tratamiento térmico

- Desorción térmica
- Purificación

Estas operaciones debido a su naturaleza de aislar un componente volátil y evitar las emisiones de este, se deben de desarrollar en instalaciones que cuenten con un sistema cerrado, a bajas presiones a fin de evitar fugas; el aire que se utilice durante los procesos debe de pasar por una serie de filtros de partículas y un lecho de carbón, que absorba el mercurio antes de que se escape al medio ambiente.

Existe desarrollo de instalaciones de tecnología avanzada para el reciclado específico del mercurio, no obstante *“aun cuando el mercurio reciclado se puede vender en el mercado internacional de productos básicos, donde se puede reutilizar. Por regla general, el grado de utilización permisible y la evaluación comercial en cuanto a su posible reutilización de manera rentable determina si se recupera o no el metal”* (PNUMA & SCB, 2012).

En principio existen procesos específicos para la recuperación de mercurio dependiendo de la fuente de la que se genere, las cuales se resumen en la Figura 1.1.

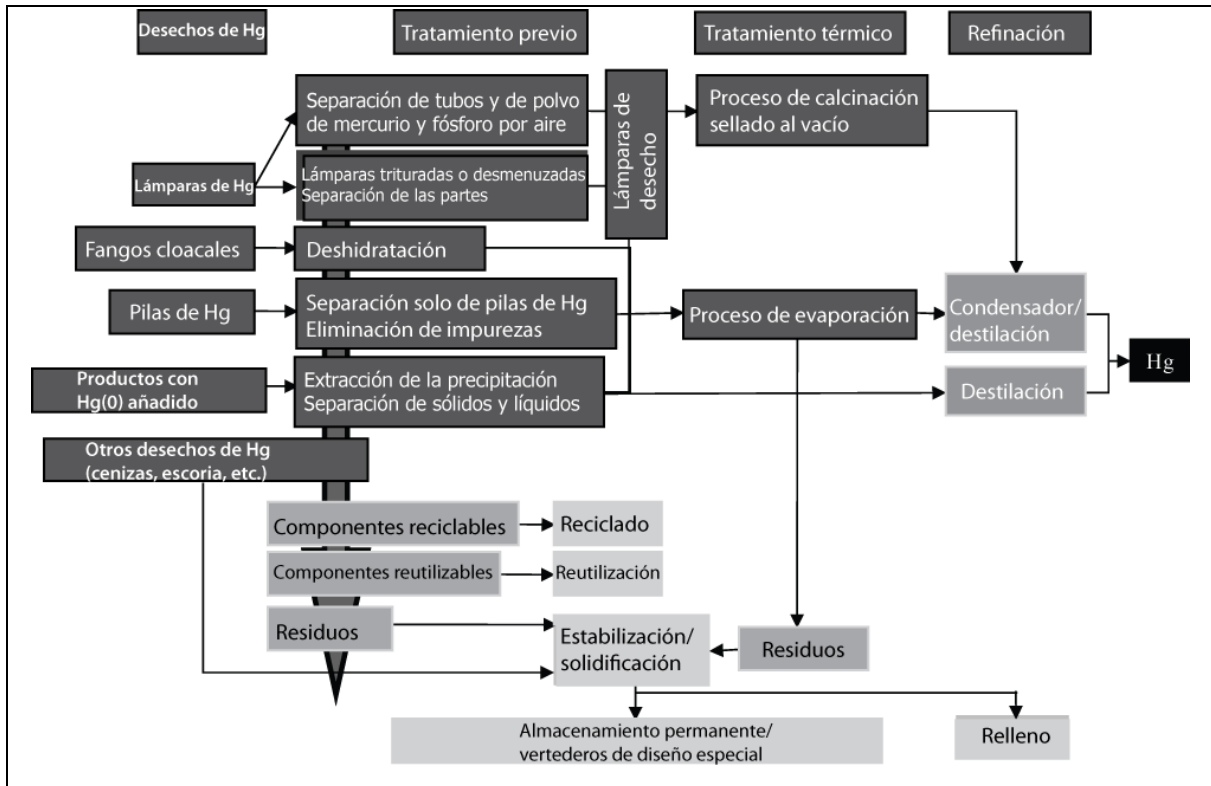


Figura 1.1 Diagrama de la recuperación del mercurio a partir de desechos sólidos Fuente: (PNUMA & SCB, 2012)

A. Tratamiento previo

Antes de ser sometidos a tratamiento térmico, los desechos que contienen mercurio o están contaminados con este reciben un tratamiento a fin de aumentar la eficacia del tratamiento térmico; los procesos de tratamiento previo son la extracción de materiales que no contengan mercurio mediante trituración y separación por aire, deshidratación de los fangos cloacales y eliminación de las impurezas.

Algunos ejemplos de operaciones de tratamiento previo específicas de los desechos se resumen en la Tabla 1.4 y Tabla 1.5.

Tabla 1.4 Ejemplos de operaciones de tratamiento previo por tipo de desecho (Parte I)

Tipo de Desecho	Tratamiento Previo
<p><i>Lámparas fluorescentes</i></p>	<p>Trituración mecánica</p> <p>Las lámparas que contienen residuos de mercurio se deberán procesar en una máquina que las triture y separe en tres categorías: vidrio, capacetes y mezcla de mercurio y fósforo en polvo. Esto se logra inyectando las lámparas en una cámara hermética de triturado y cribado. Terminado este proceso, la cámara extrae automáticamente los productos finales para eliminar la posibilidad de contaminación mutua. Los capacetes y el vidrio se deben extraer y enviar para su reutilización en la manufactura. Sin embargo, los pasadores metálicos de los capacetes se deberán eliminar y tratar por separado debido a que el contenido de mercurio puede ser considerable. La mezcla de mercurio y fósforo en polvo se podrá eliminar o procesar posteriormente para separar el mercurio de él. El vidrio triturado de las lámparas que contienen mercurio puede retener importantes cantidades de mercurio, y se deberá tratar térmicamente o de otra manera para eliminar el mercurio antes de ser enviado a reutilización o eliminación. Si este vidrio se envía para refundición como parte de su reutilización, la unidad de derretido deberá tener controles de la contaminación del aire destinados específicamente a captar el mercurio liberado (como la inyección de carbón activado). Un sistema colector de aire de escape de alta eficiencia deberá impedir la emisión de vapores de mercurio o de polvo durante todo el proceso. Se deberá extraer el polvo fluorescente y todo el mercurio de las lámparas trituradas en pozos vibratorios mediante vibración y agua. El polvo fluorescente arrastrado, que incluye el mercurio y partículas finas de vidrio, sedimento en dos etapas y el agua del proceso regresan para circular en el proceso de lavado.</p>
	<p>Separación por aire</p> <p>Los capacetes de aluminio de las lámparas fluorescentes (tubos rectos, circulares y compactos) se cortan en quemadores de hidrógeno. Las corrientes de aire circulan por entre las lámparas fluorescentes desmenuzadas desde el fondo para extraer el polvo de mercurio y fósforo adsorbido en el vidrio. El polvo de mercurio y fósforo va a un precipitador donde las partes de vidrio son trituradas y lavadas con ácido, proceso en el cual el polvo de mercurio y fósforo adsorbido en el vidrio se elimina del todo. Además, los capacetes son compactados y separados por vía magnética del aluminio, el hierro y los plásticos para ser reciclados.</p>
<p><i>Pilas que contienen mercurio</i></p>	<p>Eliminación de impurezas</p> <p>Para reciclar el mercurio, antes del tratamiento y el reciclado, los acumuladores que contienen mercurio se recogerán y almacenarán por separado en contenedores adecuados. Cuando las pilas que contienen mercurio se recogen junto con los demás tipos de pilas o con residuos de equipo eléctrico y electrónico, se deberán separar de los demás tipos de pilas. Antes del tratamiento a base de calcinación, se deberán eliminar las impurezas mezcladas y adsorbidas con las pilas que contienen mercurio, preferiblemente por procesos mecánicos. Además, es necesario separar mecánicamente las pilas que contienen mercurio por tamaño para que el proceso de calcinación sea eficaz</p>

Fuente: Adaptado de (PNUMA & SCB, 2012)

(Continúa)

Tabla 1.5 Ejemplos de operaciones de tratamiento previo por tipo de desecho (Parte II)

Tipo de Desecho	Tratamiento Previo
<i>Desechos que contienen mercurio elemental</i>	<p>Extracción</p> <p>Cuando se recojan desechos que contienen mercurio elemental, como termómetros y barómetros, se deberá procurar que no se rompan. Tras la recogida de desechos que contengan mercurio líquido, se deberá extraer ese mercurio y destilarlo para su purificación bajo presión reducida.</p>
<i>Desechos que contienen mercurio adherido a los aparatos</i>	<p>Desmontaje</p> <p>Algunos aparatos eléctricos suelen tener empotrados interruptores y relés eléctricos que son desechos que contienen mercurio. Por eso, esos desechos se deben extraer de los aparatos sin romper el vidrio exterior.</p> <p>Los monitores de computadoras y los televisores que utilizan la tecnología de visualizadores de cristal líquido (LCD) con pantalla plana contiene una o más pequeñas lámparas para la iluminación que suelen colocarse junto al borde exterior de la pantalla. Pese a que la nueva tecnología utiliza diodos emisores de luz (LED) para estas lámparas, la mayoría de las pantallas de LCD contienen lámparas fluorescentes de vapor de mercurio. Estas lámparas de mercurio pueden romperse durante la manipulación y el procesamiento mecanizado y liberarán entonces vapores de mercurio. Por esa razón, se deberán sacar manualmente con cuidado y no deberán ser objeto de procesamiento mecanizado como fragmentación, a menos que la fragmentadora cuente con el equipo de control de la contaminación necesario para realizar ese tipo de operaciones y se cuente con la licencia y los permisos para hacerlo, como en las plantas de tratamiento de mercurio.</p>

Fuente: Adaptado de (PNUMA & SCB, 2012)

a. Reciclado/regeneración del mercurio y los compuestos de mercurio

i. Tratamiento térmico

Los desechos que contienen mercurio o están contaminados con él, se deben tratar mediante desorción térmica, en un equipo con tecnología de captación de vapores de mercurio para recuperar el mercurio (PNUMA & SCB, 2012).

El proceso de desorción térmica consiste en un proceso de intercambio de calor directo o indirecto que calienta los contaminantes orgánicos a fin de volatizarlos para separarlos de una matriz sólida con el objetivo de captarlos o destruirlos. Para el caso específico del mercurio y sus compuestos se recomiendan la desorción térmica indirecta con captación de mercurio.

Como medio de transferencia para los componentes vaporizados se utiliza aire, gas de combustión o gas inerte. Los sistemas de desorción térmica son procesos de

separación física que transfieren los contaminantes de una fase a otra. Un sistema de desorción térmica tiene dos componentes principales; el desorbedor propiamente dicho y el sistema de tratamiento de los gases de salida.

Existen varios procesos de evaporación, a saber, la destilación en horno rotatorio, el procesamiento térmico al vacío y la mezcla seca al vacío.

ii. Destilación en horno rotatorio

La destilación en horno rotatorio sirve para extraer y recuperar el mercurio de desechos como, por ejemplo, fangos minerales industriales, fangos del movimiento natural del gas, carbones activados, catalizadores, pilas de botón o suelos contaminados por evaporación y reciclado de productos que no contienen mercurio (por ejemplo, vidrio, hierro y metales no ferrosos, zeolitas). En el proceso de tratamiento se eliminan todos los contaminantes o hidrocarburos y el azufre.

Los desechos son alimentados uniformemente al horno rotatorio por una tolva mediante un sistema de dosificación. Los desechos que hay que tratar por destilación en el horno rotatorio deberán fluir y ser transportables. Los desechos son tratados por destilación en el horno rotatorio a temperaturas de hasta 800°C. Los materiales usados se mueven uniformemente por el horno rotatorio. El mercurio de los desechos se evapora calentándolo a temperaturas por encima de 356°C. El tiempo que los desechos tienen que permanecer en el horno rotatorio depende del material alimentado, aunque suele fluctuar entre media hora y hora y media.

El tratamiento se lleva a cabo bajo presión para garantizar que el sistema funcione sin riesgos. De ser necesario, se añade nitrógeno para crear una atmósfera inerte en el horno rotatorio, lo que aumenta la seguridad. La corriente de aire de escape fluye hacia dos depuradores de gases a través de un filtro de polvo de gas caliente en el que se condensan el mercurio, el agua y los hidrocarburos. El gas de escape es alimentado entonces a un sistema de filtros de carbón activado para su limpieza final.

Los desechos tratados previamente, como el polvo de mercurio y azufre de las lámparas fluorescentes, el vidrio de las lámparas trituradas, las pilas que contienen mercurio purificadas, los fangos cloacales deshidratados y el suelo cribado, pueden ser tratados en instalaciones de calcinación/ retorta, equipadas con una tecnología que capta los vapores de mercurio para recuperar esta sustancia. Sin embargo, cabe señalar que durante la calcinación y otros tratamientos térmicos se emiten metales volátiles, incluidos el mercurio y las sustancias orgánicas. Estas sustancias se trasladan desde los desechos alimentados a los gases de combustión y las cenizas volantes. Por eso se debe añadir esa tecnología a los dispositivos donde se tratan los gases de combustión.

iii. Mezcladora en seco al vacío

La operación en una atmósfera al vacío disminuye la temperatura de ebullición lo que asegura un proceso que aprovecha la energía y funciona sin riesgos. Según el grado de vacío y la temperatura alcanzada durante el funcionamiento de la planta, la mezcladora se puede usar para el tratamiento previo o ulterior de los fangos.

En la primera etapa del proceso, el agua y la mayor parte de los hidrocarburos se evaporan (en caso de fangos contaminados). La evaporación cuantitativa del mercurio tiene lugar en la segunda etapa del proceso a la temperatura máxima de tratamiento.

El mercurio se condensa separado del agua y los hidrocarburos y se puede extraer durante el proceso. Se diseña una unidad al vacío con un doble blindaje, que se calienta de manera indirecta con aceite térmico, lo que permite una distribución uniforme del calor en el material tratado. Se puede lograr una distribución del calor aún más eficiente con un cilindro calentado. El gas de combustión generado por la mezcladora al vacío se depura en una unidad de condensación y un filtro de carbón activado. La mezcladora al vacío funciona por tandas.

El procesamiento térmico al vacío permite el tratamiento de termómetros, pilas, especialmente las de botón, amalgamas dentales, conmutadoras y rectificadoras eléctricas, polvo fluorescente, tubos de escape, vidrio triturado, suciedad, fangos

cloacales, residuos de la minería y material catalizador, entre otros. El proceso abarca, por regla general, las siguientes etapas:

- Calentamiento del material alimentado en un horno especial o en una operación de carga para evaporar el mercurio contenido en los desechos a temperaturas entre 340°C y 650°C y presiones de pocos milibares;
- Tratamiento térmico posterior del vapor que contiene mercurio a temperaturas que fluctúan entre 800°C y 1000°C, donde, por ejemplo, se pueden destruir los componentes orgánicos;
- Captura y enfriamiento del vapor que contiene mercurio;
- Destilación para generar mercurio líquido puro.

El residuo que queda al final del procesamiento térmico al vacío, en lo esencial, no contiene mercurio y se puede reciclar o eliminar de otra manera, según su composición.

b. Oxidación química

La oxidación química del mercurio elemental y de los compuestos orgánicos de mercurio tiene como finalidad destruir la materia orgánica y convertir el mercurio de manera que se formen sales de mercurio. Es eficaz para tratar los desechos líquidos que contienen mercurio o están contaminados con este.

Los procesos de oxidación química son útiles en el caso de desechos acuosos que contienen mercurio o están contaminados con este, como líquidos residuales y colas. Los reactivos oxidantes utilizados en estos procesos son el hipoclorito de sodio, el ozono, el peróxido de hidrógeno y el cloro libre (gas). La oxidación química se puede llevar a cabo como proceso continuo o por tandas en tanques de mezcla o reactores de gasto tipo pistón.

Los compuestos de haluro de mercurio que se forman en el proceso de oxidación son separados de la matriz de desechos, tratados y enviados para el siguiente tratamiento en la forma de lixiviación y precipitación de ácidos (PNUMA & SCB, 2012)

c. Precipitación química

La precipitación utiliza sustancias químicas para transformar los contaminantes disueltos en un sólido insoluble. En la co-precipitación, el contaminante que se trata de separar puede estar en disuelto en forma de coloide o en suspensión. Los contaminantes disueltos no se precipitan, sino que son adsorbidos en otros especímenes que se precipitan.

Los contaminantes coloidales o suspendidos se entremezclan con otros especímenes precipitados o son extraídos mediante procedimientos como la coagulación y la floculación. Los procedimientos para extraer el mercurio del agua pueden ser una combinación de precipitación y coprecipitación.

El sólido precipitado/coprecipitado se extrae entonces de la fase líquida mediante clarificación o filtración.

d. Tratamiento por adsorción

Los materiales de adsorción mantienen el mercurio en la superficie mediante distintos tipos de fuerzas químicas, como enlaces de hidrógeno, interacciones dipolo-dipolo y las interacciones de van der Waals. La capacidad de adsorción se ve afectada por la extensión de la superficie, la distribución del tamaño de los poros y la química de superficie.

Los materiales de adsorción suelen estar dispuestos en columna. El mercurio o los compuestos de mercurio son adsorbidos cuando los desechos líquidos pasan a través de la columna. La columna se debe regenerar o sustituir con nuevos medios cuando los espacios de adsorción se llenan (PNUMA & SCB, 2012).

Ejemplos de materiales de adsorción son el carbón activado y la zeolita. El carbón activado es un material carbónico que tiene muchas aperturas finas interconectadas.

Por regla general, puede tener una base de madera (cáscara de coco y aserrín), aceite o carbón. Se puede clasificar, según la forma, en carbón activado pulverulento y carbón activado granular.

El mercurio y otros metales pesados, así como las sustancias orgánicas se adsorben en el carbón activado. Las zeolitas son silicatos de origen natural que también se pueden producir sintéticamente. Las zeolitas y la clinoptilolita en particular tienen una gran afinidad con los iones de metales pesados, cuyo mecanismo de adsorción es el intercambio de iones.

Las resinas que intercambian iones han demostrado su utilidad para eliminar el mercurio de las corrientes acuosas, en particular en concentraciones del orden de 1 a 10 µg/L. Las aplicaciones que utilizan intercambio de iones suelen tratar sales mercúricas, como los cloruros de mercurio, que se encuentran en las aguas residuales. Este procedimiento supone suspender un medio, ya sea resina sintética o mineral, en una solución en la que los iones de metal suspendidos se intercambian en el medio.

e. Destilación de mercurio – purificación

Tras el tratamiento, el mercurio recogido es purificado posteriormente mediante destilación sucesiva. Mediante destilación se produce mercurio de gran pureza en muchas etapas, que permite lograr un alto grado de pureza en cada etapa de la destilación (PNUMA & SCB, 2012).

1.2.2 Operaciones No Destinadas a la Recuperación de Mercurio Elemental

Aun cuando existen técnicas para recuperar el mercurio de desechos que lo puedan contener, existe otro grupo de estos a los cuales no es posible aplicarles ninguno de los tratamientos descritos en la Sección 1.2.1. No obstante es preciso tratar estos desechos con la misma cautela para evitar las liberaciones de mercurio al ambiente y para esto se pueden aplicar algunas de las siguientes medidas.

Los desechos consistentes en mercurio elemental se deberán solidificar o estabilizar antes de ser eliminados. La eliminación de los desechos se deberá llevar a cabo conforme a las leyes y reglamentos nacionales y locales.

A. Tratamiento Fisicoquímico

a. Estabilización y solidificación

Los procesos de estabilización son reacciones químicas que pueden cambiar la peligrosidad del desecho (reduciendo la movilidad y a veces la toxicidad de los constituyentes del desecho). Los procesos de solidificación solo cambian el estado físico de los desechos mediante el uso de aditivos (por ejemplo, líquido en sólido), sin cambiar las propiedades químicas de los desechos.

La solidificación y estabilización se aplica, por ejemplo, a los desechos consistentes en mercurio elemental y desechos contaminados por mercurio como suelos, fangos, cenizas y líquidos.

La solidificación y estabilización reduce la movilidad de los contaminantes en el medio al aglutinarlos físicamente en una masa estabilizada o induciendo reacciones químicas que pueden reducir la solubilidad o la volatilidad, y por ende reducen la movilidad (PNUMA & SCB, 2012).

La solidificación y estabilización se utilizan por regla general en el caso de desechos diversos, como los fangos cloacales, las cenizas del incinerador, el líquido contaminado por mercurio y aceites contaminados por mercurio. El mercurio de esos desechos no es fácilmente accesible a los agentes lixiviantes o la desorción térmica, pero es lixiviable cuando el desecho estabilizado se deposita en un vertedero y se le mantiene allí por largo tiempo, como ocurre con otros metales y compuestos orgánicos.

El mercurio de los desechos solidificados y estabilizados en el vertedero puede lixiviarse (es decir, disolverse y apartarse de los desechos estabilizados por medio de los líquidos en el vertedero), migrar hacia el agua subterránea o hacia las aguas superficiales cercanas y evaporarse en la atmósfera en condiciones ambientales naturales.

La solidificación y estabilización supone la aglutinación o compactación física de los contaminantes en una masa estabilizada (solidificación) o la inducción de

reacciones químicas entre el agente estabilizador y los contaminantes para reducir su movilidad (estabilización). La solidificación se utiliza para encapsular o absorber los desechos y formar un material sólido, cuando en los desechos están presentes líquidos libres que no son mercurio elemental. Los desechos se pueden encapsular de dos maneras: microencapsulación y macroencapsulación.

La microencapsulación es el proceso de mezclar los desechos con el material encapsulante antes de que se produzca la solidificación. La macroencapsulación es el proceso de verter material encapsulante encima y alrededor de la masa de desechos, de manera de encerrarlo en un bloque sólido (PNUMA & SCB, 2012).

En sentido general, el proceso de estabilización supone la mezcla de suelos o desechos con aglutinantes como cemento Portland, cemento con polímeros de azufre, aglutinantes de sulfuro y fosfato, polvo de hornos de cemento, resinas de poliéster o compuestos de polisiloxano para crear un fango, una pasta u otro estado semilíquido, que con el tiempo se cura hasta formar un sólido (PNUMA & SCB, 2012).

Se pueden aplicar dos procedimientos químicos fundamentales a los desechos consistentes en mercurio elemental y a los desechos que contienen mercurio o están contaminados por este:

- Conversión química del sulfuro mercúrico; y
- Amalgamación (formación de una aleación sólida con los metales idóneos).

Se logra reducir el riesgo a un nivel suficiente, si el coeficiente de conversión (porcentaje del mercurio que reacciona) se aproxima o equivale al 100%. De no ser así, la volatilidad y la lixiviabilidad del mercurio se mantienen elevadas, como ocurre con las amalgamas (PNUMA & SCB, 2012).

b. Estabilización como sulfuro mercúrico.

Dado que la forma más común en que se encuentra el mercurio en forma natural es el cinabrio (HgS) del cual se deriva el mercurio metálico, uno de los métodos más importantes y mejor investigados es la reconversión del mercurio elemental cercana

a su estado natural como HgS. Los desechos consistentes en mercurio elemental se mezclan con azufre elemental o con otras sustancias que contienen azufre para formar sulfuro de mercurio (HgS) (PNUMA & SCB, 2012).

La producción de HgS puede dar lugar a dos tipos diferentes: alfa-HgS (cinabrio) y beta-HgS (meta-cinabrio). El alfa-HgS puro (de un intenso color rojo) tiene una solubilidad en el agua un poco menor que el beta-HgS puro (de color negro). El HgS es un polvo con una densidad de 2,5 a 3 g/cm³ (PNUMA & SCB, 2012).

En general, el HgS se produce mezclando mercurio y azufre a temperatura ambiente durante determinado tiempo hasta que se produce sulfuro de mercurio (II). Para comenzar el proceso de reacción, hace falta determinada energía de activación que se puede obtener mezclando esa combinación durante algún tiempo. Entre otros factores, tasas más elevadas de desviación y temperaturas más altas durante el proceso apoyan la producción de la fase alfa, mientras que una mayor duración del proceso favorece la creación de beta cinabrio (PNUMA & SCB, 2012).

Un tiempo de molturación excesivo en presencia de oxígeno puede terminar por producir óxido de mercurio (II). Dado que el HgO es mucho más soluble en el agua que el HgS, hay que evitar su creación molturando en condiciones atmosféricas inertes o mediante la adición de un antioxidante (por ejemplo, sulfuro de sodio). Debido a que la reacción entre el mercurio y el sulfuro es exotérmica, una atmósfera inerte contribuye a una operación sin riesgos (PNUMA & SCB, 2012).

La realización del proceso es constante y relativamente simple. El HgS es insoluble en agua y no volátil, químicamente estable y no reactivo, y solo es atacado por ácidos concentrados. Por ser un material pulverulento fino, su manipulación está sujeta a requisitos específicos (evítese, por ejemplo, el riesgo de desprendimiento de polvo). Este proceso de estabilización provoca un aumento del volumen por un factor de ~300% y del peso en ~16 a 60% en comparación con el mercurio elemental (PNUMA & SCB, 2012).

Desde 2010 se dispone de un proceso de estabilización en gran escala de desechos consistentes en mercurio elemental con azufre que forman sulfuro de mercurio

(HgS). El proceso tiene lugar en una mezcladora al vacío que funciona en una atmósfera inerte al vacío que asegura un buen proceso de control y una operación sin riesgos. La mezcladora funciona por tandas, con 800 kg de mercurio metálico en cada tanda. Un filtro de polvo y un filtro de carbón activado impiden que salgan emisiones de la planta (PNUMA & SCB, 2012).

La reacción entre el mercurio y el azufre tiene lugar en proporción estequiométrica. El producto final consiste en sulfuro mercúrico rojo con valores de lixiviación por debajo de 0,002 mg de Hg/kg. El producto final es termodinámicamente estable hasta los 350°C. El proceso de mezcla al vacío asegura una operación sin riesgos, es decir no hay fugas durante la operación y la demanda de energía se reduce al ser más bajo el punto de ebullición (PNUMA & SCB, 2012).

El sulfuro mercúrico deberá eliminarse de preferencia en instalaciones subterráneas.

c. Estabilización/solidificación del polímero de azufre

El proceso de estabilización del polímero de azufre es una modificación de la estabilización del azufre con la ventaja de que se crean menos vapores y el mercurio se lixivia menos, porque el producto final es monolítico y ocupa poco espacio. En este proceso, el mercurio elemental reacciona con el azufre y produce sulfuro de mercurio (II) (PNUMA & SCB, 2012).

Simultáneamente, el HgS es encapsulado y, por esa razón, el producto final es un monolito. El proceso se basa en el uso de ~95% por peso de azufre elemental y 5% de modificadores de polímeros orgánicos, llamados también cemento con polímeros de azufre. El cemento con polímeros de azufre puede ser dicitopentadieno u oligómeros de ciclopentadieno (PNUMA & SCB, 2012).

El proceso se tiene que llevar a cabo a una temperatura relativamente alta de unos 135°C, que puede dar lugar a cierta volatilización y, por consiguiente, a la emisión del mercurio durante el proceso. En todo caso, el proceso requiere la creación de una atmósfera inerte a fin de prevenir la formación de óxido de mercurio (II) soluble

en agua. En el caso del cemento con polímeros de azufre, se obtiene beta-HgS. La adición de nonahidrato de sulfuro de sodio produce alfa-HgS (PNUMA & SCB, 2012).

Con este procedimiento se puede lograr una carga relativamente alta del monolito (a prox. 70%), ya que no hace falta una reacción química de la matriz para asentarse y curarse. La realización de este proceso es relativamente simple y está bien documentada; además, el producto es prácticamente insoluble en el agua, tiene una gran resistencia a la corrosión, soporta ciclos alternos de congelación y descongelación y posee una gran resistencia mecánica (PNUMA & SCB, 2012).

Durante el proceso, es posible que se produzcan volatilizaciones y, por eso, hace falta aplicar controles técnicos apropiados. Esos controles técnicos hacen falta también para evitar la posible ignición y las explosiones. Por otra parte, el volumen del material de desecho resultante aumenta considerablemente (PNUMA & SCB, 2012).

Se ha informado sobre la estabilidad del producto como el comportamiento de lixiviación más bajo logrado a un valor del pH de 2 con 0,001 mg/l. En una tendencia más o menos lineal, el valor de lixiviación alcanza un máximo de ~0,1 mg/l a un valor de pH de 12 y otro ejemplo entre 0,005 y 45 mg/l para diferentes valores de pH (PNUMA & SCB, 2012).

d. Amalgamación

Se entiende por amalgamación la disolución y solidificación del mercurio en otros metales como cobre, níquel, zinc y estaño, que da por resultado un producto sólido no volátil. Se trata de un subconjunto de tecnologías de solidificación. Se utilizan dos procesos genéricos para la amalgamación del mercurio en los desechos: sustitución acuosa y sustitución no acuosa. El proceso acuoso consiste en mezclar un metal de base finamente dividido como el zinc o el cobre con las aguas residuales que contienen sales de mercurio disueltas; el metal de base reduce las sales mercúricas y mercuriosas a mercurio elemental, que se disuelve en metal para

formar una aleación metálica de mercurio sólida denominada amalgama (PNUMA & SCB, 2012).

El proceso no acuoso consiste en mezclar polvos metálicos finamente divididos en el mercurio líquido de desecho para formar una amalgama solidificada. El proceso de sustitución acuosa es aplicable tanto a las sales de mercurio como al mercurio elemental, mientras que el proceso no acuoso es aplicable solo al mercurio elemental. Ahora bien, el mercurio de la amalgama resultante puede volatilizarse o hidrolizarse. De ahí que la amalgamación se utilice casi siempre en combinación con una tecnología de encapsulación (PNUMA & SCB, 2012).

B. Vertederos controlados

Tras la estabilización o solidificación, los desechos que contienen mercurio o están contaminados con él que cumplan los criterios de aceptación en los vertederos controlados definidos en el reglamento nacional o local, podrán ser evacuados en esos vertederos. Algunas jurisdicciones han definido los criterios de aceptación para el vertimiento de desechos que contienen mercurio o están contaminados con él.

Conforme a la legislación de la UE solo se podrán aceptar desechos que tengan un valor límite de lixiviación de 0,2 mg/kg de peso seco (L/S = 10 L/kg) y un valor límite de lixiviación de 2 mg/kg de peso seco (L/S = 10 L/kg) en los vertederos para desechos no peligrosos y en los vertederos de desechos peligrosos, respectivamente (PNUMA & SCB, 2012).

Según el reglamento sobre el tratamiento de los desechos de mercurio de los EE.UU., solo se podrán tratar y depositar en vertederos los desechos que contengan una baja concentración de mercurio. Para que sean aceptados en los vertederos, los desechos de mercurio tratados deberán lixiviar menos de 0,025 mg/L de mercurio (en un ensayo del procedimiento de lixiviación para determinar la toxicidad) para su eliminación en vertederos (PNUMA & SCB, 2012).

Según la legislación japonesa, los desechos tratados con una concentración de mercurio superior a 0,005 mg/L (Método de ensayo de lixiviación: Ensayo

normalizado de lixiviación del Japón No. 13 (JLT-13) (Notificación Núm. 13 del Ministerio del Medio Ambiente)) deberán ser eliminados en un vertedero de diseño especial en el Japón (Ministerio del Medio Ambiente del Japón 2007b). Por otra parte, en algunos países está prohibido eliminar en vertederos determinados desechos que contienen mercurio o están contaminados con él (PNUMA & SCB, 2012).

Un vertedero de diseño especial es un sistema de eliminación ambientalmente racional de desechos sólidos y es el lugar donde los desechos sólidos quedan cubiertos y aislados del medio ambiente y entre sí. Todos los aspectos de las operaciones en el vertedero se deberán controlar para proteger la salud y la seguridad de todo el que viva y trabaje cerca del vertedero, y velar por un medio ambiente sin riesgos (PNUMA & SCB, 2012).

En principio, y por un tiempo definido, se pueden aplicar medidas técnicas en el vertedero para que no presente riesgos para el medio ambiente siempre y cuando el lugar sea apropiado y se tomen las debidas precauciones y el manejo sea eficiente (PNUMA & SCB, 2012).

Se deben cumplir requisitos específicos relativos a la selección del emplazamiento, el diseño y la construcción, las operaciones de acondicionamiento y vigilancia de los vertederos controlados, a fin de prevenir las fugas y la contaminación del medio ambiente. Se deberán aplicar procedimientos de control y supervisión igualmente al proceso de selección del emplazamiento, el diseño y la construcción, el funcionamiento y la vigilancia, así como durante el cierre y las medidas posteriores al cierre (PNUMA & SCB, 2012).

En los permisos se incluirán especificaciones relativas a los tipos y las concentraciones de desechos que se admitirán, los sistemas de control de los lixiviados y los gases, la vigilancia, la seguridad del lugar, así como el cierre y las medidas posteriores al cierre (PNUMA & SCB, 2012).

Se debe prestar especial atención a las medidas que hay que adoptar para proteger las aguas subterráneas de la infiltración de lixiviados en el suelo. La protección del

suelo, las aguas subterráneas y las aguas superficiales deberá lograrse combinando una barrera geológica y un sistema de revestimiento del fondo durante la etapa de funcionamiento y una combinación de barrera geológica y una cubierta superior durante el cierre y la etapa posterior al cierre (PNUMA & SCB, 2012).

En el vertedero se debe instalar un sistema de drenaje y recolección del lixiviado que permita bombearlo a la superficie para su tratamiento antes de descargarlo en las aguas (PNUMA & SCB, 2012).

Por otra parte, se deben establecer procedimientos de vigilancia durante las etapas de funcionamiento y después del cierre de un vertedero a fin de poder detectar todo efecto ambiental adverso posible de este y adoptar las medidas correctivas pertinentes. La selección del método de preparación del vertedero y el revestimiento se hará teniendo en cuenta el lugar donde se encuentre, la geología y otros factores específicos del proyecto (PNUMA & SCB, 2012).

Se deberán aplicar los principios de ingeniería geotécnica apropiados a los diferentes aspectos del vertedero de diseño especial, como la construcción de diques, taludes de desmonte, compartimentos de vertederos, caminos de acceso y sistemas de avenamiento (PNUMA & SCB, 2012) Por ejemplo, el emplazamiento del vertedero podría ser un recinto hermético de hormigón reforzado, cubierto con una especie de equipo que impida la entrada del agua de lluvia, como un techo y un sistema de desagüe del agua de lluvia (PNUMA & SCB, 2012). Existen publicaciones donde se explican algunos sistemas de revestimiento y control del lixiviado en cuanto a su eficacia en diversas condiciones.

En las *“Technical Guidelines on Specially Engineered Landfills (Directrices técnicas relativas a los vertederos controlados)”* del Convenio de Basilea se explican en detalle otros enfoques de los sistemas de contención diseñados que se pueden tomar en consideración, si las condiciones son apropiadas (PNUMA & SCB, 2012).

C. Almacenamiento permanente (instalaciones subterráneas)

Tras la solidificación o estabilización, los derechos que contienen mercurio o están contaminados por este, que cumplan los criterios de aceptación para el almacenamiento permanente podrán almacenarse, si procede, por tiempo indefinido en contenedores especiales en las zonas designadas como una instalación de almacenamiento subterráneo (PNUMA & SCB, 2012).

La tecnología para el almacenamiento subterráneo se basa en la ingeniería de minas, que incluye la tecnología y la metodología de excavación de minas y la construcción de cámaras como una red teselada de pilares. Las minas abandonadas se podrían utilizar para el almacenamiento permanente de residuos solidificados y estabilizados tan pronto sean adaptadas para ese fin concretamente (PNUMA & SCB, 2012).

Además, los principios y la experiencia en la eliminación subterránea de desechos radiactivos se pueden aplicar al almacenamiento subterráneo de desechos que contienen mercurio o están contaminados por este. Si bien una de las posibilidades es la excavación de un depósito subterráneo profundo utilizando la tecnología de minería convencional o de ingeniería civil, esta técnica se limita a lugares accesibles (por ejemplo, bajo la superficie o cerca de la costa), a rocas razonablemente estables que no se encuentren sobre corrientes de agua subterránea importantes y a profundidades entre 250 m y 1000 m (PNUMA & SCB, 2012).

A una profundidad mayor de los 1000 m, la excavación resulta técnicamente cada vez más difícil y proporcionalmente costosa (PNUMA & SCB, 2012).

El almacenamiento permanente en instalaciones situadas bajo tierra en minas de sal y formaciones de roca dura aisladas hidrogeológicamente es una opción para separar los desechos peligrosos de la biosfera durante períodos geológicos (PNUMA & SCB, 2012).

Para cada lugar de almacenamiento subterráneo proyectado se deberá llevar a cabo una evaluación de la seguridad concretamente para ese lugar de conformidad con la legislación pertinente, como las disposiciones que figuran en el apéndice A del

anexo de la Decisión 2003/33/CE del Consejo Europeo de 19 de diciembre de 2002, por la que se establecen los criterios y procedimientos para la admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE (PNUMA & SCB, 2012).

Los desechos se deberán eliminar de manera que quede excluida 1) toda reacción indeseable entre los diferentes desechos o entre los desechos y el revestimiento del lugar de almacenamiento y 2) la liberación y el transporte de sustancias peligrosas. En los permisos de funcionamiento se definirán los tipos de desechos que deberán ser excluidos en sentido general (PNUMA & SCB, 2012).

El aislamiento se asegura mediante una combinación de barreras técnicas y naturales (roca, sal, arcilla) y de esta manera las futuras generaciones no están en la obligación de mantener activamente esta instalación. Con frecuencia este concepto se denomina de barreras múltiples, ya que la manera de empacar los desechos, el depósito construido según especificaciones y la geología constituyen barreras que impiden que haya fugas de mercurio capaces de afectar a los seres humanos y al medio ambiente (BiPRO 2010; Comunidad Europea 2003; OIEA 2009; Asociación Nuclear Mundial 2010) (PNUMA & SCB, 2012).

Factores específicos como el diagrama de distribución, los sistemas de contención, el lugar y las condiciones de almacenamiento, la vigilancia, las condiciones de acceso, la estrategia de cierre, la estanqueidad y el relleno, así como la profundidad del lugar de almacenamiento, que afectan el comportamiento del mercurio en la roca hospedante y el entorno geológico, tienen que considerarse aparte de las propiedades de los desechos y del sistema de almacenamiento (PNUMA & SCB, 2012).

Las rocas hospedantes que posiblemente sean almacenamiento permanente de desechos que contienen mercurio o están contaminados por este son las formaciones de roca salina y roca dura (rocas ígneas, por ejemplo, granito o neis, incluidas las rocas sedimentarias, por ejemplo, roca caliza o arenisca). (BiPRO

2010; Comunidad Europea 2003; OIEA 2009; Asociación Nuclear Mundial 2010) (PNUMA & SCB, 2012).

Al seleccionar un lugar de almacenamiento permanente para la evacuación de desechos que contienen mercurio o están contaminados por este se deberán tener presentes las siguientes consideraciones (PNUMA & SCB, 2012):

- Las cuevas o túneles utilizados para el almacenamiento deberán estar completamente separadas de las zonas de explotación minera activas y de las que podrían volver a explotarse con ese fin;
- Las cuevas o túneles deberán estar situados en formaciones geológicas que se encuentren muy por debajo de las aguas subterráneas disponibles o en formaciones que estén completamente aisladas por rocas impermeables o capas de arcilla de los acuíferos; y
- Las cuevas o túneles deberán estar situados en formaciones geológicas sumamente estables que se encuentren en zonas sísmicas.

Con miras a garantizar la inclusión completa, la mina de evacuación y cualquier espacio circundante que pueda verse afectado por las operaciones de evacuación (por ejemplo, geomecánicas o geoquímicas) deberá estar circundado por la roca hospedante (denominada zona de la roca aislante) de espesor y homogeneidad suficientes, con las propiedades idóneas y a la profundidad adecuada (véase la Figura 1.2) (PNUMA & SCB, 2012).

Como principio básico, una evaluación de la seguridad a largo plazo deberá poder demostrar que la construcción, el funcionamiento y la etapa posterior al funcionamiento de una instalación de evacuación subterránea no causarán degradación alguna de la biosfera. En consecuencia, se deben utilizar los modelos apropiados para analizar y evaluar todas las barreras técnicas (por ejemplo, la forma de los desechos, el relleno, las medidas de estanqueidad), el comportamiento de la roca hospedante y la roca circundante, las formaciones rocosas de recubrimiento y la secuencia de posibles acontecimientos en el sistema en general (PNUMA & SCB, 2012).



Figura 1.2 Concepto de la inclusión completa Fuente: (PNUMA & SCB, 2012)

Si la formación rocosa que se examina muestra alguna deficiencia (por ejemplo, de homogeneidad o espesor, un sistema de barreras múltiples podrá compensar las propiedades insuficientes o inexistentes de la roca hospedante que constituye la barrera. En general, un sistema de barreras múltiples de este tipo puede estar integrado por uno o varios componentes adicionales de la barrera que pueden ayudar a lograr el objetivo final, a saber aislar los desechos de la biosfera durante un tiempo prolongado (PNUMA & SCB, 2012).

Se deberá llevar a cabo una evaluación de la seguridad a largo plazo para cerciorarse de la necesidad y el modo de acción del sistema de barreras múltiples en el sistema de evacuación. A manera de ejemplo, las formaciones geológicas que cubren una mina de evacuación ('material de recubrimiento') pueden ser eficaces de diferente manera (PNUMA & SCB, 2012):

- Protegiendo la roca hospedante subyacente de cualquier deterioro de sus propiedades, o
- Previendo capacidades de retención adicionales de contaminantes que pudieran desprenderse de la mina de evacuación en determinadas circunstancias.

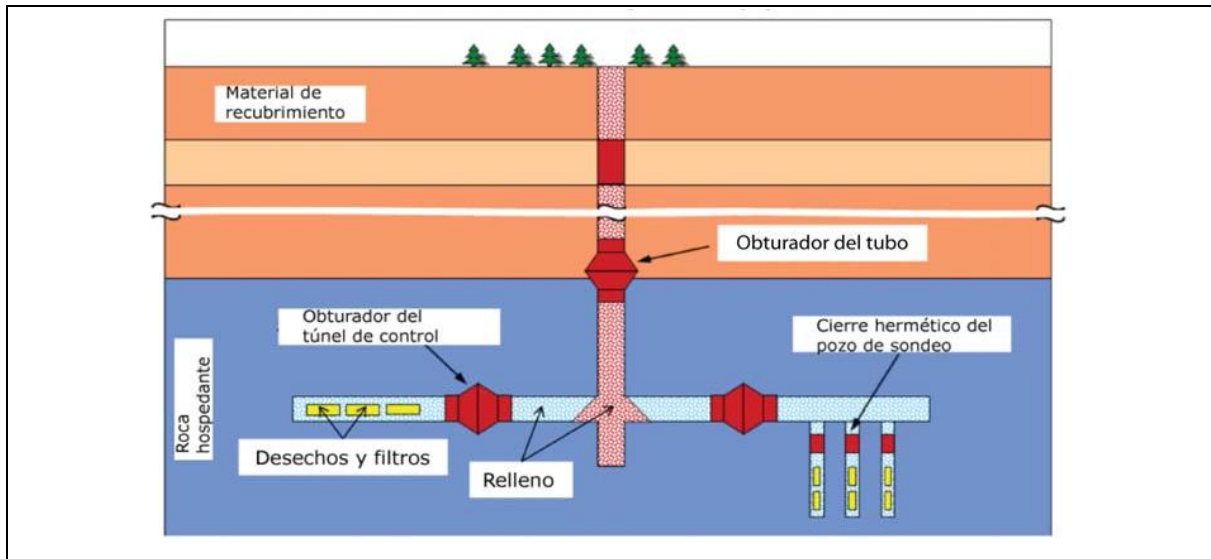


Figura 1.3 Principales componentes de un sistema de barreras múltiples y su distribución en el sistema (esquema) Fuente: (PNUMA & SCB, 2012).

En general, un concepto de evacuación subterránea como el que se acaba de describir, que incluya todos los criterios, requisitos y diagrama final, etc., deberá diseñarse conforme a criterios específicos de los desechos y el vertedero, tomando en consideración todas las normas pertinentes (por ejemplo, las de la Comunidad Europea 2003) (PNUMA & SCB, 2012).

Para dar una idea aproximada de la profundidad y el espesor de los diferentes tipos de roca hospedante, en la Tabla 1.6 se incluye una lista de las dimensiones típicas basadas en la experiencia y los planos actuales.

Tabla 1.6 Valores típicos del espesor vertical de la roca hospedante y profundidad de evacuación posible (según Grundfelt y otros, 2005)

Geosistema		Espesor de la roca hospedante	Profundidad de evacuación posible
Roca hospedante	Variante		
Roca salina	Domo salífero	Hasta > 1000 m	800 m
Roca salina	Estratos salinos	Aprox. 100 m	650 a 1100 m
Arcilla/piedra arcillosa		Hasta 400 m	400 a 500 m
Rocas cubiertas de arcilla		Aprox. 100 m	500 a 1000 m

Fuente: Adaptado de (PNUMA & SCB, 2012)

2 MARCO LEGAL APLICABLE A DESECHOS SÓLIDOS Y DESECHOS PELIGROSOS

En El Salvador, el sistema normativo en general está determinado de manera jerarquizada, obedece a un orden lógico de autoridad legal, se toma como base el estudio realizado por el jurista, político y filósofo de origen austriaco Hans Kelsen, quien en su estudio establece una pirámide invertida en la muestra la supremacía de una ley sobre otra, este estudio permite la valoración en el sistema jurídico de cada país, ya en toda esa gama de leyes, decretos, reglamentos y la constitución es necesario reconocer cual tiene más fuerza legal.

El estudio de Hans Kelsen establece como ley superior a la constitución política de la República en donde se encuentran todos aquellos derechos fundamentales de toda persona, en segundo lugar se encuentran los tratados y convenios internacionales los cuales determinan las normas básicas de cumplimiento a nivel internacional, después se establecen las leyes secundarias de cada país la cual complementan lo establecido en la ley primaria, posteriormente se encuentra los decretos o normas transitorias establecidas por el órgano legislativo, y por último se encuentran los reglamentos los cuales completan lo que regulan las leyes secundarias. La importancia de la jerarquización de las leyes es el orden de la aplicación el cual permite alcanzar el valor de la equidad y justicia en la sociedad.

En cuanto a sustancias, desechos y materiales peligrosos El Salvador cuenta con la siguiente legislación resumida en la Tabla 2.1 y Tabla 2.2.

Otros mecanismos legales se presentan en la Tabla 2.3. Estos son mecanismos que contemplan algún tipo de control sobre el mercurio como material peligroso a nivel mundial y que El Salvador no está precisamente suscrito.

Tabla 2.1 Leyes Salvadoreñas Aplicables a Desechos Sólidos y Desechos Peligrosos

Ley	Tipo	Descripción	Artículos Relacionados
La Constitución de la República de El Salvador	Constitución	La Constitución de la República como norma primaria y base del orden jurídico nacional, establece la regulación en lo relativo a la protección de dos bienes jurídicos elementales, los que son el derecho a un medio ambiente sano, y el derecho a la salud.	Art. 1, 34, 35, 65, 69, 117, 144, 146
Ley del Medio Ambiente	Ley	Cita los riesgos ambientales y materiales peligrosos	Capítulo V; título XIII; Art. 1, 2, 7, 14-21, 23, 24, 27, 28, 29, 34, 35, 57, 58, 59,
Código de Salud	Código	Asigna al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social como el encargado para la autorización de la ubicación de los botaderos públicos de basura y su reglamentación, tomando en cuenta aquellos lugares que producen desechos que por su naturaleza o peligrosidad no deben entregarse al servicio público.	Sección 10; Título III, Art. 14, 41, 56, 58, 59, 278.
Código Penal	Código	Tipifica los Delitos por contaminación que pongan en riesgo la salud humana, la calidad de vida, el equilibrio de los ecosistemas y el medio ambiente, incluyendo las emisiones, radiaciones, vertidos de cualquier naturaleza a la atmósfera, suelo y aguas.	Art. 255, 256, 262.
Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos	Reglamento	Es la máxima herramienta a nivel nacional para el control sobre desechos y materias peligrosas, el cual tiene por objetivo la preservación del medio ambiente y la salud humana.	(Reglamento totalmente concerniente.)
Reglamento Especial Sobre el Manejo Integral de los Desechos Solidos	Reglamento	Tiene por objeto regular el manejo de los desechos sólidos. El alcance del mismo será el manejo de desechos sólidos de origen domiciliario, comercial, de servicios o institucional; sean procedentes de la limpieza de áreas públicas, o industriales similares a domiciliarios, y de los sólidos sanitarios que no sean peligrosos.	(Reglamento totalmente concerniente)
Norma Para El Almacenamiento De Sustancias Químicas Peligrosas.	Norma	Tiene por objeto establecer los requisitos técnicos sanitarios para el manejo y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas en el sector industrial y comercial, a fin de otorgar la autorización sanitaria de funcionamiento.	(Norma totalmente concerniente)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.2 Convenios y Protocolos suscritos por El Salvador en Materia de Desechos y Materiales Peligrosos

Convenio	Ratificado	Descripción
Convenio de Basilea	30/04/2008	Se refiere al control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación es el acuerdo mundial más completo del medio ambiente, sobre desechos peligrosos y otros desechos.
Convenio de Estocolmo	21/02/2008	El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, es un acuerdo mundial para proteger la salud humana y el medio ambiente de ciertos productos químicos.
Protocolo de Montreal	20/03/1995	En este instrumento se establecen normas de control para los países desarrollados y en desarrollo en cuanto a la producción y utilización de sustancias que agotan el ozono.
Convenio de Rotterdam	06/05/1999	promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las Partes en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños

Fuente: Elaboración propia a partir de marn.gob.sv y csj.gob.sv

Tabla 2.3 Instrumentos Legales Internacionales Relacionados a la Gestión del Mercurio

Instrumento	Región	Pertinencia al mercurio	Medidas
Convenio de Minamata	Mundial	Pertinencia total.	(Todas)
Convenio LRTAP y su protocolo de Aarhus de 1998 sobre metales pesados	Europa Central y Oriental, Canadá y Estados Unidos	Se ocupa del mercurio y de sus compuestos en las liberaciones, productos, desechos, etc.	Definición de objetivos, compromisos vinculantes sobre reducción de las liberaciones, recomendaciones y vigilancia
Convenio OSPAR	Nordeste Atlántico, mar del Norte inclusive (comprende las aguas interiores y las aguas territoriales marinas de las Partes)	Se ocupa del mercurio y de sus compuestos en las liberaciones, productos, desechos, etc.	Definición de objetivos, compromisos vinculantes sobre reducción de las liberaciones, recomendaciones, vigilancia e información
Convenio de Helsinki	Mar Báltico (comprende la entrada del mar Báltico y las cuencas vertientes de estas aguas)	Se ocupa del mercurio y de sus compuestos en las liberaciones, productos, desechos, etc.	Definición de objetivos, compromisos vinculantes sobre reducción de las liberaciones, recomendaciones y vigilancia
Convenio de Basilea	Mundial	Cualquier desecho que contenga mercurio o esté contaminado por él o sus compuestos se considera peligroso y está sujeto a disposiciones concretas.	Compromisos vinculantes en relación con el transporte internacional de desechos peligrosos, procedimiento de información y aprobación de la importación y exportación de desechos peligrosos
Convenio de Róterdam	Mundial	Se ocupa de los compuestos inorgánicos del mercurio, compuestos alquílicos del mercurio, compuestos alquílico-oxialquílicos y compuestos arílicos empleados como plaguicidas.	Compromiso vinculante en relación con la importación y exportación de estos compuestos de mercurio cubiertos, procedimientos para el intercambio de información y notificación de exportaciones
Convenio de Estocolmo	Mundial	No aplica.	

Fuente: Elaboración propia.

3 IDENTIFICACIÓN DE LOS DESECHOS DE MERCURIO Y SU GESTIÓN ACTUAL EN EL SALVADOR

La contaminación de mercurio en El Salvador dado que no existe explotación minera, proviene especialmente de productos con mercurio añadido al final de su vida útil y que son gestionados bajo las mismas directrices de los desechos sólidos.

3.1 PRODUCTOS Y DESECHOS DE MERCURIO GENERADOS EN EL SALVADOR

Las diversas propiedades del mercurio permiten que se utilice en el ámbito doméstico e industrial agregándose a electrodomésticos para cumplir cierta función, en productos de cuidado personal, en dispositivos y productos médicos o bien como auxiliar en procesos productivos.

3.1.1 Productos con Mercurio Añadido Importados

El Salvador no es productor sino importador de este tipo de productos. En este sentido, la información recopilada se refiere a las importaciones realizadas en el periodo de 2006 al 2014 utilizando la categorización presentada en la Tabla 1.3. de la sección 1.1.4.

La identificación se realizó con base a las partidas arancelarias de dichos productos obtenidas a través de la La Dirección General de Aduanas (DGA), dependencia del Ministerio de Hacienda.

A. Dispositivos de medición con mercurio

a. Termómetros de mercurio

Los termómetros son utilizados principalmente en los mayores centros de salud tanto del estado como privados, a pesar que una cantidad pequeña pertenece a los

dispositivos libres de mercurio la gran mayoría tiene como principal componente este metal.

De acuerdo a la DGA se han identificado las siguientes partidas arancelarias correspondientes para este producto

“Partida: Densímetros, Areómetros, Pesalíquidos E Instrumentos Flotantes Similares, Termómetros, Pirómetros, Barómetros, Higrómetros Y Psicrómetros, Incluso Combinados Entre Sí. Subpartida: 90251100 - De líquido, con lectura directa”

Los instrumentos de medición con mercurio como termómetros y similares de esta partida fueron importados en su mayoría desde China y Estados Unidos y pesan alrededor de 50 g.

La Tabla 3.1 muestra los kilogramos importados de estos productos por año en el periodo 2006 – 2014. Según se observa en la Figura 3.1 existe una tendencia a la reducción progresiva en la importación de estos productos. Una posible causa es la sustitución de estos en el mercado de productos hospitalarios por productos libres de mercurio.

Tabla 3.1 Datos de importación de termómetros.

Importación (kg)	90251100 De líquido, con lectura directa								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	15068.95	11107.01	8027.59	10444.88	13628.17	9397.68	8884.4	8501.93	7269.37
Total	92329.98								

Fuente: Elaboración propia con datos de DGA

Según información del Ministerio de Salud y Asistencia Social (MINSAL), desde el año 2011 dicha institución desistió de la compra de dispositivos que contengan mercurio como termómetros con este elemento, en sustitución se adquieren termómetros del tipo electrónico auricular.

Para el caso del Instituto Salvadoreño de Seguro Social (ISSS), actualmente continúan adquiriendo termómetros a base de mercurio y otros dispositivos de medición con el mismo principio.

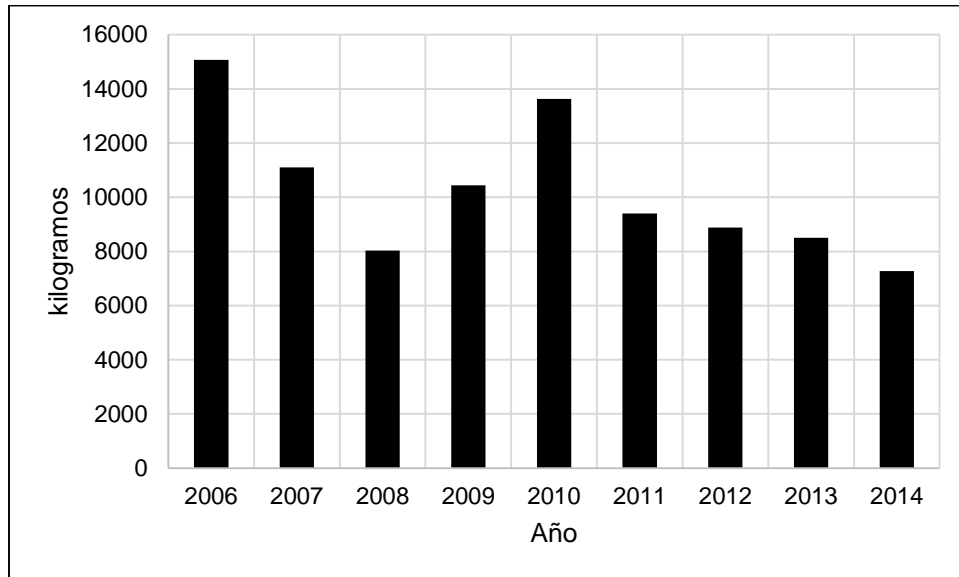


Figura 3.1 Flujo de importación para termómetros de mercurio

Los datos proporcionados reflejan una requisición de suministro para el 2015 de 48,858 termómetros orales y 6,000 termómetros rectales ambos tipos con graduación en escala Celsius y con expreso contenido de mercurio en su descripción. En cuanto a todos los centros de atención en El Salvador los datos muestran que existen 37,764 termómetros entre orales y rectales a base de mercurio que siguen en uso.

b. Tensiómetros

En el caso de este producto, en el sistema de partidas de la DGA no refleja de forma expresa la importación de tensiómetros, esfigmomanómetros o esfigmomanómetros, se los considera dentro de la partida "90189000 correspondiente a varios instrumentos y aparatos de medicina, cirugía, odontología o veterinaria, incluidos

los de centellografía y demás aparatos electro médicos, así como los aparatos para pruebas visuales”.

Debido a esta situación no es posible detallar la cantidad de unidades importadas en el rango de estudio. Sin embargo según datos de suministros médicos del MINSAL e ISSS hubo existencias y adquisiciones para el año 2015.

Según el MINSAL el inventario por parte de la Dirección de Primer Nivel de Atención de dicha institución refleja existencias de 279 Tensiómetros entre los del tipo columna de mercurio y aneroide (ver ANEXO A). Mientras que ISSS para el 2015 tramitó por parte de la Unidad de Planificación y Monitoreo de Suministros de dicha institución la adquisición de 97 tensiómetros de mercurio de pared y 79 tensiómetros de mercurio de pedestal que se adicionan a una cantidad existente no mencionada de instrumentos del mismo tipo (Ver ANEXO B).

c. Termostatos

En las estadísticas de la DGA se identifican las siguientes partidas arancelarias para importación que hacen referencia a estos productos: “Partida: Instrumentos y aparatos para regulación o control automáticos. Subpartida: 90321000 – Termostatos” cuyos datos se muestran en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Datos de importación de termostatos

Importación (kg)	90321000 -- Termostatos								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	58364.75	67778.55	58340.41	54989.47	64370.47	69565.79	73880.7	84091.7	84913.59
Total	616295.43								

Fuente: Elaboración propia con datos de DGA

Los principales países de los que se reciben mayores importaciones de estos productos son China, Alemania, Estados Unidos y Brasil. Gran parte de estas cantidades se destinan para repuestos ya que comúnmente los termostatos se incluyen como parte de sistemas de control de equipos con funcionalidad completa.

Según esta clasificación, se incluyen todas las presentaciones de termostatos sin distinguir su aplicación por ello se tiene una gran diversidad de productos impidiendo establecer algunas propiedades comunes como peso promedio o cantidad de mercurio contenido.

Según la Figura 3.2 los datos revelan una tendencia al alza en la importación de estos productos. Se estima una tasa promedio de aumento del 5.3% anual. Es probable que dicha situación tenga su raíz en la relación costo-precisión que proporciona esta tecnología que aún no ha podido ser superada por las alternativas ambientalmente amigables. También se adiciona el hecho que la mayoría de estos productos se destinan para refacciones de equipos cuya tecnología de fábrica es a base de mercurio y por razones de funcionamiento se prefiere mantener el principio de operación de la unidad.

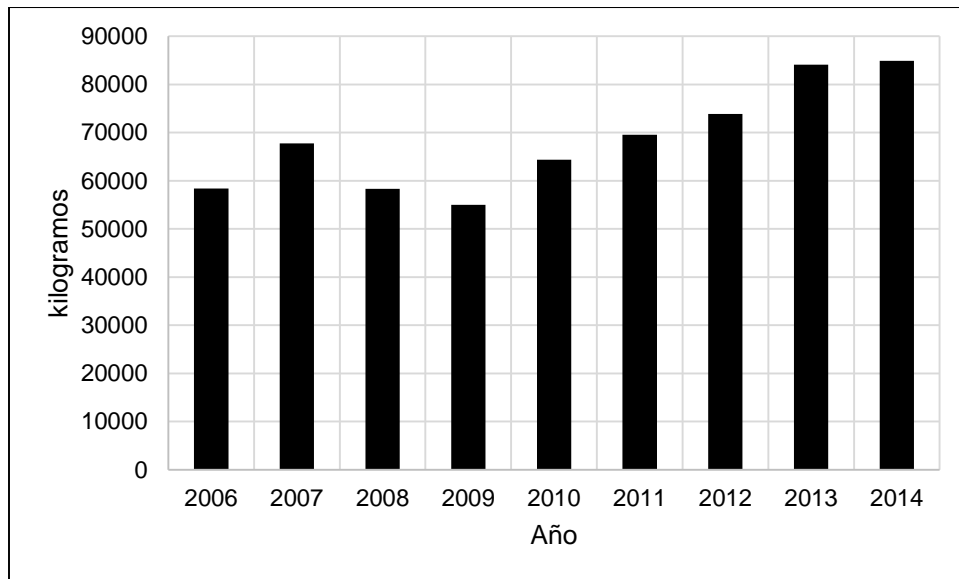


Figura 3.2 Flujo de importación de termostatos

d. Manóstato (presostato)

Según los datos proporcionados por la DGA, las siguientes partidas arancelarias hacen referencia a los presostatos. "Instrumentos y aparatos para regulación o

control automáticos. Subpartida: 90322000 – Manóstatos (presostatos)” cuya cantidades se presentan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Datos de importación de presostato

Importación (kg)	90321000 - - Manóstatos								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	11226.11	10692.85	9484.52	9082.4	12388.64	19270.16	15916.95	18558.3	15232.55
Total	121852.48								

Fuente: Elaboración propia con datos de DGA

Las importaciones provienen principalmente de China, Taiwán, México y Estados Unidos. Al igual que otros dispositivos de control, gran parte de estos productos se utilizan como refacciones para equipos con función completa que requieren sustitución de componentes.

La partida arancelaria es amplia en cuanto a presentaciones y tamaños de presostatos, por lo que se dificulta estimar parámetros de su contenido de mercurio.

En base a la Figura 3.3, se puede denotar un aumento en la importación de los productos en cuestión. Se estima que en el periodo del 2006 al 2014 la cantidad de unidades ingresadas al país aumenta un 6.6% respecto del año anterior.

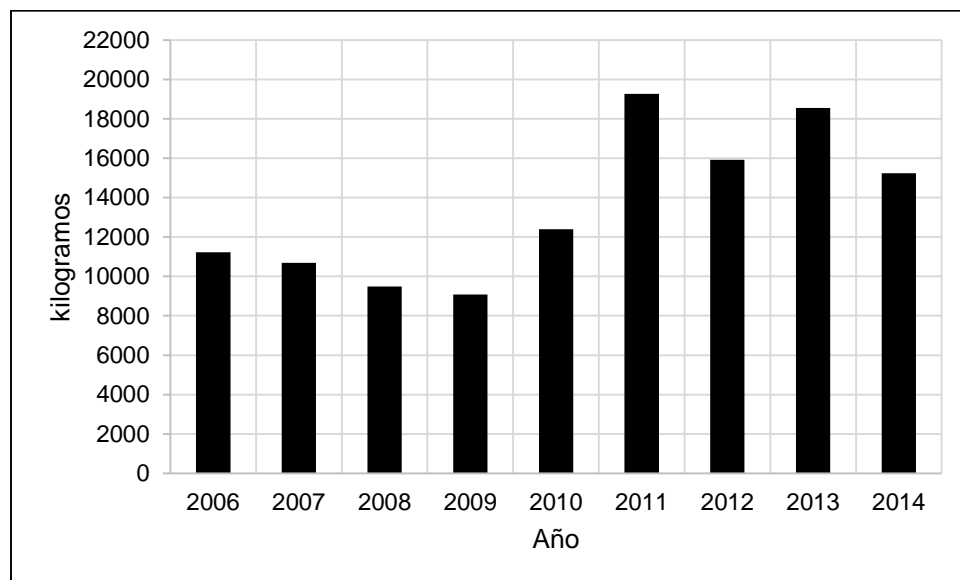


Figura 3.3 Flujo de importación de presostatos

Una de las posibles causas, al igual que con los termostatos, es la importación de estos productos destinados a repuestos para equipos con función automática de regulación de presión. Es importante recordar que muchos equipos no solo industriales sino también domésticos funcionan a base de presión y en la mayoría de los casos se aprovechan las propiedades del mercurio para este fin.

B. Instrumentos eléctricos y electrónicos con mercurio

a. Disyuntores

En el sistema de la DGA, pueden encontrarse las siguientes partidas arancelarias para este tipo de productos:

“Partida: Aparatos Para Corte, Seccionamiento, Protección, Derivación, Empalme O Conexión De Circuitos Eléctricos (Por Ejemplo: Interruptores, Conmutadores, Relés, Cortacircuitos, Supresores De Sobretensión Transitoria, Clavijas Y Tomas De Corriente (Enchufes), Portalámparas Y Demás Conectores, Cajas De Empalme), Para Una Tensión Inferior O Igual A 1,000 Voltios; Conectores De Fibras Ópticas, Haces O Cables De Fibras Ópticas”.

- a) *“Sub partida: Fusibles y cortacircuitos de fusible. Inciso: De seguridad, de accionamiento manual, de intensidad de corriente inferior o igual a 600 A y tensión inferior o igual a 600 V*
- b) *Sub partida: Fusibles y cortacircuitos de fusible. Inciso: De cuchilla, de accionamiento manual, de intensidad de corriente inferior o igual a 100 A y tensión inferior o igual a 250 V*
- c) *Sub partida: Fusibles y cortacircuitos de fusible. Inciso: Los demás*
- d) *Sub partida: Disyuntores. Inciso: Termomagnéticos al vacío, al aire, en aceite o en plástico moldeado, de intensidad de corriente inferior o igual a 100 A y tensión inferior o igual a 250 V*
- e) *Sub partida: Disyuntores. Inciso: Otros*
- f) *Sub partida: Los demás aparatos para protección de circuitos eléctricos. Inciso: Supresores de sobretensión transitoria*

- g) *Sub partida: Los demás aparatos para protección de circuitos eléctricos.
Inciso: Otros*
- h) *Sub partida: Para una tensión inferior o igual a 60 V. Inciso: Para una tensión inferior o igual a 60 V*
- i) *Sub partida: Los demás. Inciso: Otros*
- j) *Sub partida: Los demás interruptores, seccionadores y conmutadores.
Inciso: Interruptores unipolares giratorios o de cadena, para una tensión inferior o igual a 250 V*
- k) *Sub partida: Los demás interruptores, seccionadores y conmutadores.
Inciso: Interruptores unipolares de placa o parche, para una tensión inferior o igual a 250 V*
- l) *Sub partida: Los demás interruptores, seccionadores y conmutadores.
Inciso: Interruptores unipolares accionados a presión, para una tensión inferior o igual a 250 V*
- m) *Sub partida: Los demás interruptores, seccionadores y conmutadores.
Inciso: Interruptores automáticos termoelectrónicos (arrancadores) para lámparas o tubos fluorescentes*
- n) *Sub partida: Los demás interruptores, seccionadores y conmutadores.
Inciso: Otros”*

Todas las clasificaciones de los incisos se realizan con base en especificaciones técnicas o uso específico lo que dificulta caracterización por contenido de mercurio.

Los únicos incisos posibles para tomar en cuenta en la identificación de productos de consumo con uso deliberado de mercurio son *d), h), l) y m)* cuyos datos de importación se presentan en la Tabla 3.4, Tabla 3.5, Tabla 3.6 y Tabla 3.7.

Tabla 3.4 Datos de importación de disyuntores termomagnéticos

Importación (kg)	85362010 - - - Termomagnéticos al vacío, al aire, en aceite o en plástico								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	121812.8	146159.74	138938.84	102503.23	141866.75	138945.75	124615.1	154239.07	129535.72
Total	1198617								

Fuente: Elaboración propia con datos de DGA

Tabla 3.5 Datos de importación de disyuntores para una tensión inferior o igual a 60 V

Importación (kg)	85364100 - - - Para una tensión inferior o igual a 60 V								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	32863.17	39294.56	29319.37	33021	32299.3	39797.11	55634.26	51268.77	49950.55
Total	363448.09								

Fuente: Elaboración propia con datos de DGA

Tabla 3.6 Datos de importación de disyuntores unipolares

Importación (kg)	85365050 - - - Interruptores unipolares accionados a presión, para una tensión inferior o igual a 250 V								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	5106.85	8263.42	3249.24	4979.63	5125.76	6600.06	7263.93	6269.48	6231.55
Total	53089.92								

Fuente: Elaboración propia con datos de DGA

Tabla 3.7 Datos de importación de interruptores termoelectrónicos

Importación (kg)	85365070 - - - Interruptores automáticos termoelectrónicos (arrancadores)								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	7168.12	7243.99	4558.38	8108.47	3057.17	1732	3683.8	4759.18	2847.15
Total	43158.26								

Fuente: Elaboración propia con datos de DGA

A continuación se representan gráficamente los datos correspondientes a cada una de las partidas antes detalladas (ver Figura 3.4, Figura 3.5, Figura 3.6 y Figura 3.7):

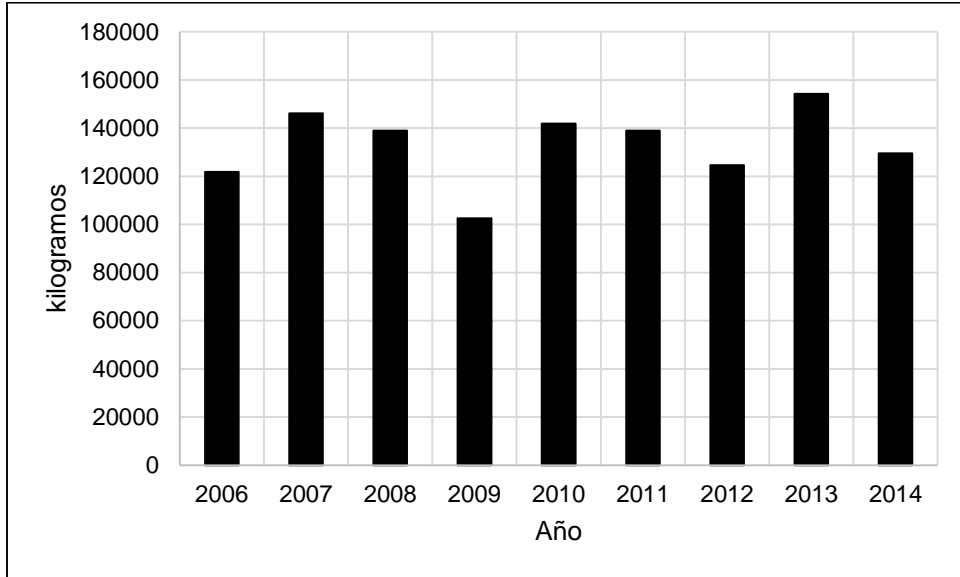


Figura 3.4 Flujo de importación de disyuntores termomagnéticos al vacío

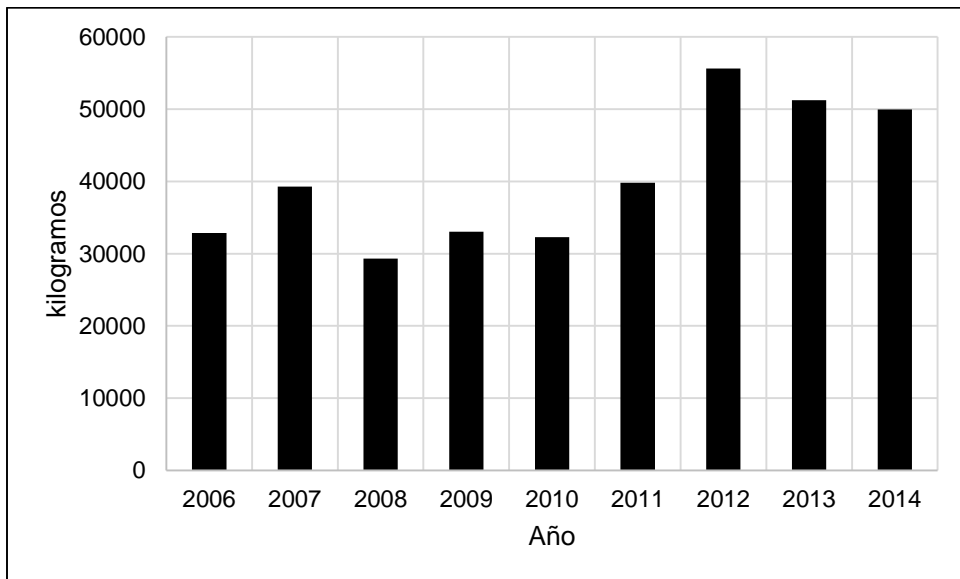


Figura 3.5 Flujo de importación de disyuntores para una tensión inferior o igual a 60 V

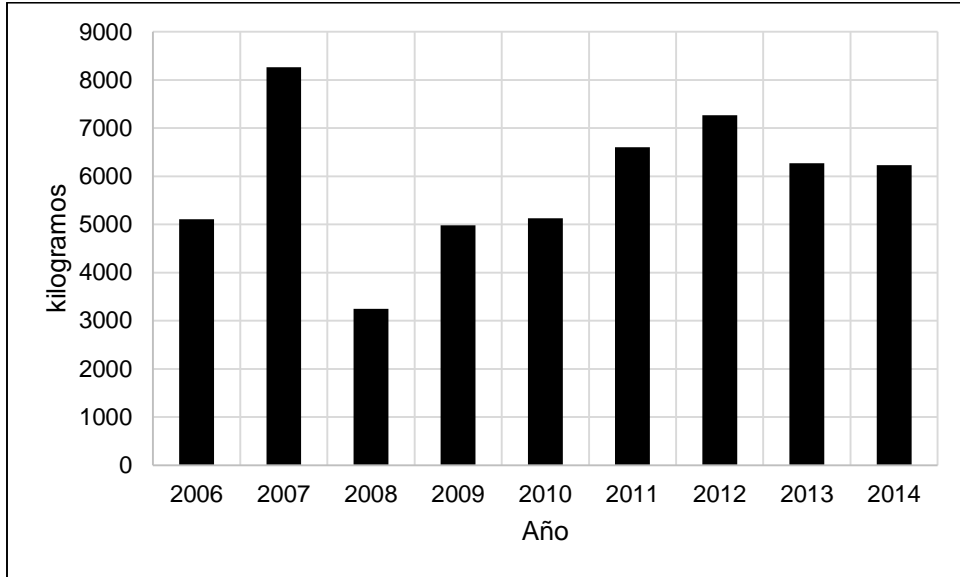


Figura 3.6 Flujo de importación de interruptores unipolares para una tensión inferior o igual a 250 V

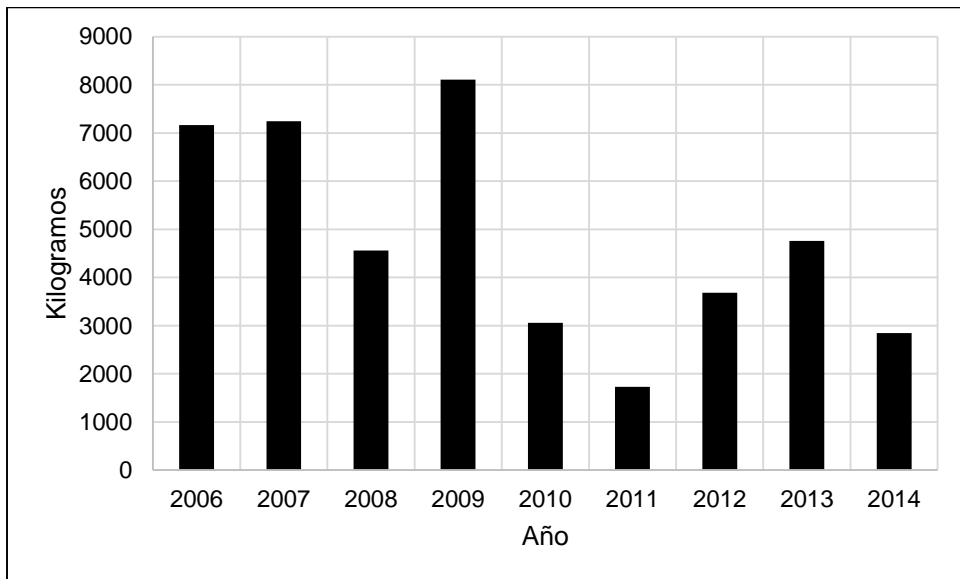


Figura 3.7 Flujo de importación de interruptores automáticos termoelectrónicos

De las cuatro partidas identificadas, las primeras tres (Figura 3.4, Figura 3.5 y Figura 3.6) muestran aumentos leves, moderados y amplios siendo los interruptores unipolares accionados a presión los que proyectan la mayor tasa de aumento con un 10.23% anual.

Para el caso de los interruptores automáticos termoeléctricos o mejor conocidos como arrancadores se estima una reducción moderada que asciende al 4.74% anual según se observa en la Figura 3.7.

La mayor parte de estos productos son usados como refacciones en equipos con funcionalidad completa y cumplen objetivos meramente de protección o interacción con el usuario por lo que se vuelven indispensables tanto para el consumidor como el fabricante por lo que su eliminación es difícil.

La procedencia de la mayor parte de la importación de estos artículos son: China, Estado Unidos, Alemania, México y Panamá.

Los sistemas automáticos se importan a El Salvador con atención únicamente a especificaciones técnicas derivadas de su aplicación y no en la composición química o contenidos de sustancias tóxicas en sus elementos. Por lo que es difícil establecer el contenido promedio de mercurio en cada uno de los productos mencionados anteriormente.

Cada uno en la categoría analizadas abarca un gran número de artículos en especial aquellos que tienen un uso general en cuanto automatización se refiere; aunando a esto se tiene gran variedad de marcas cada una de las cuales maneja sus propios diseños y aplicaciones específicas lo que da como resultado un abanico muy extenso de presentaciones desde las más diminutas hasta las de gran tamaño lo que lamentablemente dificulta el establecimiento de propiedades comunes tales como el contenido de mercurio y peso promedio.

C. Fuentes de luz con mercurio

Según datos de la DGA, en el sistema de partidas arancelarias se puede identificar un único ítem relacionado a luminarias fluorescentes con contenido de mercurio:

“Subpartida: Lámparas de vapor de mercurio o sodio; lámparas de halogenuro metálico. Inciso: Lámparas de vapor de mercurio o sodio; lámparas de halogenuro metálico” ver datos de importaciones en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Datos de importación de lámparas de vapor de mercurio

Importación (kg)	85393200 - - - Lámparas de vapor de mercurio o sodio; lámparas de halogenuro metálico								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	44415.97	41588.6	42549.91	24407.75	30927.44	38162.85	51308.37	20349.05	33121.52
Total	326831.46								

Fuente: Elaboración propia con datos de DGA

Los principales países de origen de estos productos para el periodo mostrado son Túnez, China, México y Alemania con la mayoría provenientes desde Túnez.

Una diferencia de las luminarias con el resto de productos que constituyen los desechos de mercurio es que prácticamente la totalidad de los datos de importación constituye el consumo tanto para productos nuevos como para reemplazo o refacciones de otros equipos. Esto es debido a que comúnmente se adquiere el componente electrónico o balasto por separado en el caso de los tubos fluorescentes; para los fluorescentes compactos, la propia luminaria proporciona funcionalidad completa con solo energizarla y son casi inexistentes los dispositivos que incluyen a estos como componente lumínico.

El contenido de mercurio promedio de cada una de las luminarias puede detallarse en la Tabla 3.9 y Tabla 3.10 para los modelos tipo tubo y compactos respectivamente.

La manera en que la DGA clasifica los elementos en esta categoría imposibilita la categorización de cada uno de los tipos de luminarias y las cantidades correspondientes a cada producto en específico, haciendo imposible el establecimiento de propiedades comunes como peso promedio entre otras.

Tabla 3.9 Mercurio presente en tubos fluorescentes

Sistema	Lúmenes nominales (2 Lámparas) (Lm)	Lúmenes del sistema (Lm)	Consumo por equipo (W)	Vida de la lámpara (h)	Mercurio presente (mg)
Balasto magnético T12 (2x40W) 220 V	6300	4760	110	20000	12
Balasto magnético T10 (2x40W) 220 V	5700	3990	110	10000	6
Balasto magnético T8 (2x36W) 220 V	6200	5456	102	10000	3.5
Balasto magnético T8 (2x40W) 220 V	6200	6200	72	20000	3.5
Balasto magnético T5 (2x28W) 220 V	5800	5800	62	20000	>1.4
Balasto magnético T5HO (2x54W) 220 V	10000	10000	105	20000	>1.4

Fuente: (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2008)

Tabla 3.10 Mercurio presente en lámparas compactas

Sistema	Lúmenes por lámpara	Consumo por equipo (W)	Vida de la lámpara	Mercurio presente (mg)
Halógeno, voltaje bajo	480.0	30	1500	2.29
Halógeno, voltaje alto y wataje bajo	5177.3	40	1500	8.13
Halógeno, voltaje alto y wataje alto	435.0	300	3000	2.82
Lámpara fluorescente compacta balasto integrado (CFL)	559.0	13	6000	5.85

Fuente: (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2008)

Según se observa en la Figura 3.8 existe variación en cuanto al flujo de importación de estos productos, lo que hace que no se pueda prever su tendencia al futuro.

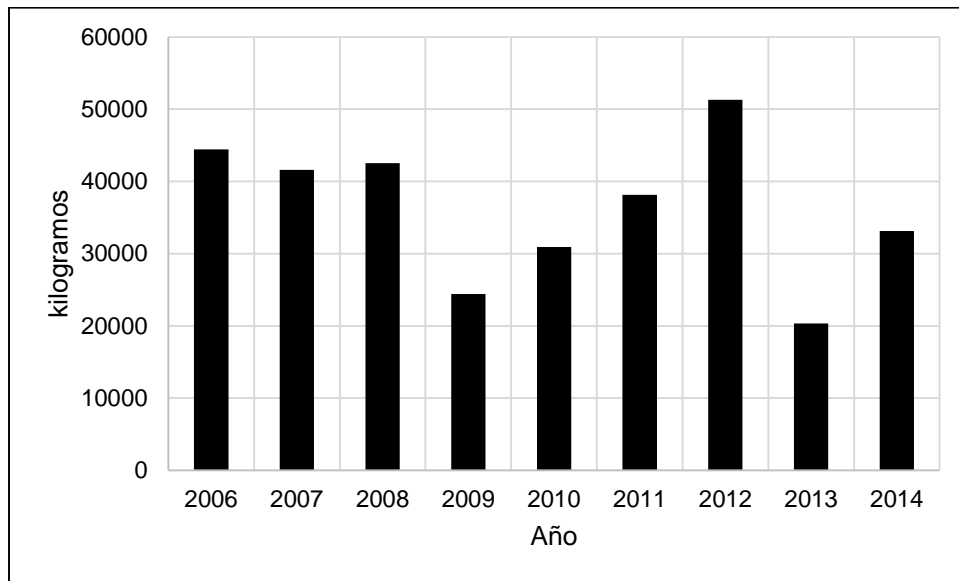


Figura 3.8 Flujo de importación de lámparas de vapor de mercurio o sodio

La explicación más probable para esta situación es la introducción al mercado de los productos con tecnología led, la cual no es reciente sin embargo el abaratamiento en los costos de este tipo de luminarias y sus beneficios en cuanto a vida útil y bajo consumo energético ha permitido su implementación de forma masiva no solo en proyectos a estrenar sino también como sustitución de las fuentes de luz existentes.

D. Pilas con mercurio

En las estadísticas de la DGA se identifican incisos arancelarios correspondientes a pilas y productos similares pero con diferente denominación para fines fiscales entre las cuales destacan para esta investigación las denominadas como pilas de óxido de mercurio: “Partida: Pilas y baterías de pilas, eléctricas. Subpartida: de óxido de mercurio. Inciso: de óxido de mercurio” ver datos en la Tabla 3.11.

Los principales países de los que se importación pilas de óxido de mercurio a partir de 2006 son Estados Unidos, Japón y China. En estas estadísticas no se consideran

las pilas que vienen incluidas en dispositivos electrónicos de uso común pues según el sistema actual de la DGA los mismos no se registran con base a si incluyen o no la fuente de energía como baterías más bien como el artículo completo.

Tabla 3.11 Datos de importación de pilas de óxido de mercurio

Importación (kg)	85063000 - - De óxido de mercurio								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	4	0	88	514.44	78.03	192.43	313.52	228.98	77.75
Total	1497.15								

Fuente: Elaboración propia con datos de DGA

Según la Asociación Mexicana de Pilas (f.s), el peso promedio para las pilas de botón de óxido de mercurio es aproximadamente 1.40 g con un 30% de su peso en promedio de óxido de mercurio lo que resulta en 0.42 g promedio de óxido de mercurio presente en cada dispositivo (Asociación Mexicana de Pilas).

Observado los datos en la Figura 3.9, no se pueden determinar tendencias de importación a futuro ya que el flujo de importación anual es muy variable.

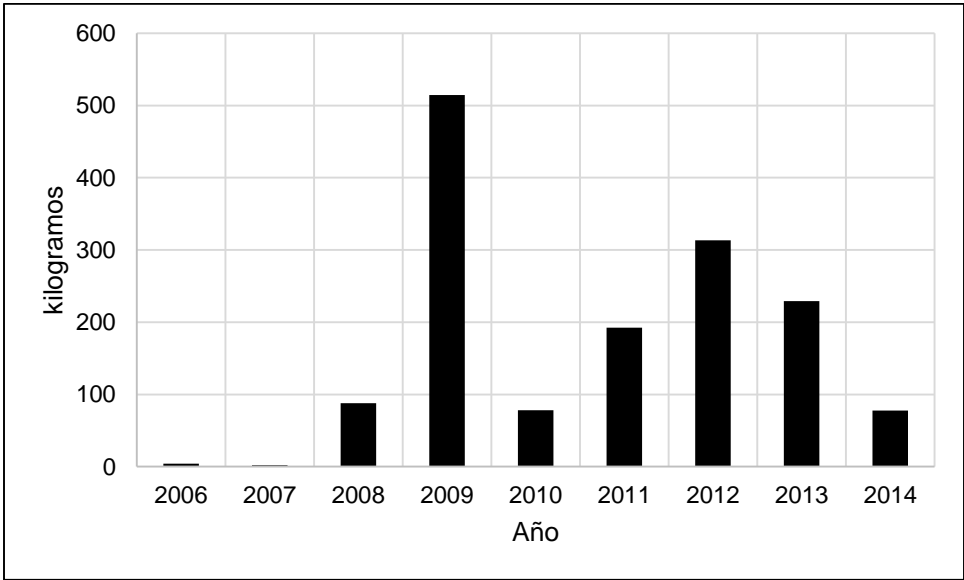


Figura 3.9 Flujo de importación de pilas de óxido de mercurio

E. Productos Farmacéuticos de uso humano y veterinario con mercurio

Hay determinados medicamentos asiáticos, como algunas especialidades medicinales tradicionales chinas y preparados ayurvédicos de la India, que tienen compuestos de mercurio. Los usuarios habituales de medicamentos que contienen mercurio corren un riesgo particular.

El mercurio en forma de “cinnabaris” (sulfato de mercurio), calomel (cloruro de mercurio) o “hydrargyri oxydum rubrum” (óxido de mercurio) es uno de los ingredientes de algunos preparados tradicionales chinos a base de hierbas.

Estos compuestos, que se venden a menudo como medicamentos sin receta, productos a base de hierbas y complementos nutricionales, rara vez están sujetos a las mismas pruebas rigurosas, medidas de control de calidad, etiquetado o normas de importación o distribución que otros medicamentos (PNUMA, 2008) .

a. El mercurio en las vacunas

En la actualidad, según el sistema de partidas arancelarias de la DGA no existe una partida que se acople de buena forma a este tipo de productos debido a su especificidad en cuanto a contenido y usos. Esto imposibilita la labor de registrar los datos de importación de los últimos años y por consecuencia no se pueden abordar en esta investigación.

Sin embargo, con la cooperación del ISSS se obtuvo confirmación de la existencia de vacunas con Timerosal en inventario y que continúan suministrándose a la población. Las concentraciones de timerosal en dichos productos se detallan en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12 Vacunas con timerosal utilizados por el ISSS

Código ISSS	Descripción	Producto y fabricante	Compuesto de mercurio	Concentración
8401436	Vacuna trivalente inactivada de virus de la influenza fraccionados Cepas recomendadas por la OMS según temporada Hemisferio sur, tipo A y B 0.5 mL/Dosis Suspensión Inyectable Frasco monodosis o multidosis de 10 dosis.	VAXIGRIP/S ANOFI PASTEUR, FRANCE	Thiomersal ó Mercuriothiolate: Sodio(2-carboxifeniltio) etilmercurio	2 mcg/dosis
8010615	Vacuna Antihepatitis B, Antígeno de Superficie Adsorbido, en el Gel de Hidróxido de Aluminio, Timerosal como Preservativo 20 mcg Suspensión Esterilizada I.M. Frasco Vial Monodosis de (0.5 - 1) mL y Multidosis de (2.5 - 3.0 y 10.0) mL, Adsorbido en una Base Mineral	1. EUVAX B/LG LIFE SCIENCES, Korea	Thiomersal ó Mercuriothiolate: Sodio(2-carboxifeniltio) etilmercurio	0.01% (LG Life Sciences)
		2. Hepatitis B Vaccine (rDN A)/Serum Institute of India		0.005% (Serum Institute of India)
8010608	Vacuna DPT (Contra Difteria, Pertusis y Tétanos) (D 25LF, P 16 UO, T 5 LF) Frasco Vial, (10 - 20) Dosis	Diphtheria-Tetanus-Pertussis Vaccine Adsorbed/Serum Institute of India	Thiomersal ó Mercuriothiolate: Sodio(2-carboxifeniltio) etilmercurio	0.01%
8010623	Vacuna Pentavalente Debe Contener: Vacuna Combinada contra la Difteria, Tosferina (Célula Completa), Tétano Y Hepatitis B. + Vacuna Conjugada Contra Haemophilus Influenzae Tipo B Suspensión Inyectable + Polvo Liofilizado (uso I.M.) Frasco Vial 0.5 mL / Dosis + Frasco Vial de Vacuna contra Haemophilus Influenzae Tipo B	Diphtheria-Tetanus-Pertussis (whole cell)-Hepatitis B-Haemophilus influenzae type b/Serum Institute of India	Thiomersal ó Mercuriothiolate: Sodio(2-carboxifeniltio) etilmercurio	0.005%.

Fuente: Departamento de Farmacoterapia del ISSS

b. Productos odontológicos con mercurio

La oferta de productos farmacéuticos en El Salvador se compone básicamente de productos de importación y de producción nacional en laboratorios farmacéuticos autorizados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MINSAL). Los medicamentos más especializados provienen del extranjero sobretodo de Estados Unidos, México y Suramérica los cuales son supervisados por la Dirección General de Medicamentos y están disponibles en el mercado según disposiciones de dicha entidad.

En el caso de las amalgamas dentales, la venta al público está limitada a profesionales del rubro o entidades de educación superior para fines académicos. El 100% de estos productos son de origen extranjero pues no existe producción local de amalgamas mercuriadas o sustitutas.

En el sistema de incisos arancelarios de la Dirección General de Aduanas se identifican los siguientes ítems relacionados al mercurio para uso en el sector odontológico.

“Subpartida: Cementos y demás productos de obturación dental; cementos para la refacción de huesos. Inciso: Cementos y demás productos de obturación dental; cementos para la refacción de los huesos” De la cual se obtuvieron los datos de importación (ver Tabla 3.13).

Tabla 3.13 Datos de importación de amalgamas y cementos dentales

Importación (kg)	30064000 - - Cementos y demás productos de obturación dental; cementos para la refacción de huesos								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	13568.72	12447.06	11307.46	12064.11	9814.57	14303.41	14083.82	15854.57	9832.67
Total	113276.39								

Fuente: Elaboración propia con datos de DGA

Los países a los cuales se les importa mayormente estos productos son Estados Unidos, Argentina, Colombia y Alemania.

Las presentaciones de dichos productos pueden variar grandemente por diversos factores como la marca, país de origen, propiedades especiales como modo de preparación entre muchas otras. También, al ser un producto de uso a discreción del profesional comúnmente las presentaciones se utilizan para múltiples dosis. El peso promedio de las dosis no es constante pues su uso es para rellenar obturaciones dentales que varían de tamaño y forma. El mercurio presente en cada una de las dosis de amalgamas oscila cerca del 50% del peso total si se prepara adecuadamente.

En la Figura 3.10 se observa que para los años 2010 a 2013 existió una tendencia al aumento, sin embargo para el año 2014 se observa una notable disminución en la importación de estos productos.

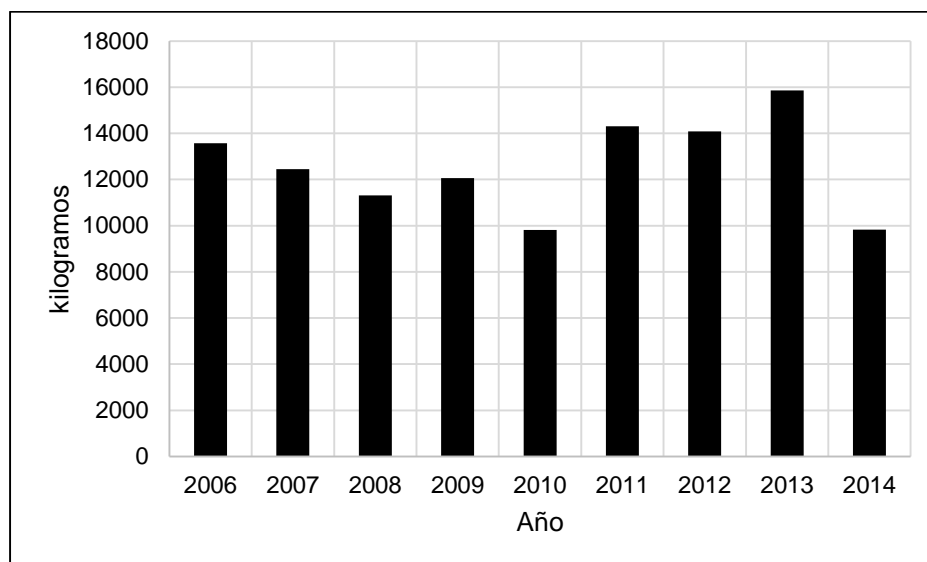


Figura 3.10 Flujo de importación de cementos y demás productos dentales

Los datos de inventario de insumos del MINSAL reflejan la existencia de dos productos con mercurio para uso en odontología los cuales corresponden a las descripciones mostradas en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14 Insumos odontológicos con mercurio utilizados por el MINSAL

Código MINSAL	Descripción	Existencias a mayo/15	Compuesto de mercurio	Concentración
20204110	Mercurio metálico químicamente puro, uso dental, frasco de ¼ Lb.	372 unidades	Mercurio metálico	100%
20204097	Aleación de amalgama de plata en capsula predosificada.	80 unidades	Mercurio metálico	50%

Fuente: Elaboración propia con datos del MINSAL

A pesar que las existencias a la fecha indicada son relativamente pequeñas para el nivel de atención odontológico requerido, el movimiento anual total muestra un volumen importante de consumo. Según la Dirección del Primer Nivel de Atención, para el 2014 se utilizaron 1191 unidades de Mercurio metálico puro en presentaciones de ¼ de Lb para el tratamiento curativo e interceptivo de la caries dental lo que revela que el inventario de estos insumos se reabastece constantemente y que no refleja los detalles reales del consumo. Por lo que la vía más certera para abordar el uso del mercurio en el sector odontológico es mediante el seguimiento del consumo anual de cada producto.

F. Cosméticos y otros productos relacionados con mercurio

En El Salvador, según el sistema arancelario de la DGA no existe ningún inciso relacionado directamente a productos cosméticos aclarantes o antisépticos, todos los productos relacionados a preparaciones de belleza, maquillaje y para el cuidado de la piel se especifican dentro de la partida del mismo nombre y se incluyen una amplia variedad de productos de tocador como maquillajes, desmaquilladores, productos para uñas, desodorantes, geles de cabello y accesorios para aplicación.

Esta categorización impide la identificación concreta de cosméticos con mercurio de origen extranjero que circulan en el mercado nacional.

3.1.2 Procesos Industriales que Utilizan Mercurio Desarrollados en El Salvador

La identificación de productos y desechos generados internamente en El Salvador a través de procesos químicos se realizó por medio de una solicitud de información a la oficina de Información y Respuesta del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

El MARN es la institución pública que regula las actividades productivas de El Salvador en términos de la influencia que estos pueden generar al Medio Ambiente tanto natural como social. Es el ente encargado de exigir, evaluar y validar los impactos ambientales que se generan de manera inherente al desarrollo de una actividad productiva, por lo tanto de existir actividades relacionadas al uso del mercurio, el MARN es la institución competente para el manejo de dicha información.

En base al *“Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio”* (PNUMA Productos Químicos, 2005) Los principales procesos productivos con uso deliberado de mercurio son:

- Producción de cloroálcali con tecnología de mercurio
- Producción de VCM (monómeros de cloruro de vinilo) con bicloruro de mercurio (HgCl_2) como catalizador
- Producción de acetaldehídos con sulfato de mercurio (HgSO_4) como catalizador
- Otras formas de producción de químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores

Siendo los anteriores los procesos más determinantes en la identificación de productos y desechos que contengan mercurio, se procedió a solicitar la siguiente información: ***“Estudios de Impacto Ambiental Relacionados a procesos, empresas o entidades dedicadas a (dichos procesos)”***

Cuya respuesta oficial a lo anterior fue lo siguiente:

“En respuesta a su solicitud de información antes referida, a continuación le transcribo respuesta recibida de los expertos de nuestra Dirección Gral. de Evaluación y Cumplimiento”

“No se tiene conocimiento de empresas locales que se dediquen a la manufactura de los productos indicados” (Ver ANEXO C)

Siendo esta la entidad rectora en el tema, dicha respuesta se interpreta como *la inexistencia de actividades relativas al uso del mercurio en El Salvador.*

3.1.3 Perspectivas de la Generación de Desechos de Mercurio en El Salvador

Dado que El Salvador no cuenta con Inventario Nacional de Mercurio y conociendo que éste no es generador de mercurio ni manufacturador, el origen principal de la contaminación de mercurio antropogénico son los productos importados en la sección 3.1.1 al final de su vida útil.

Estos productos con mercurio añadido se identificaron tomando como base el *“Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio”* desarrollado por el PNUD Productos Químicos, 2005 y las Partidas Arancelarias de la Dirección General de Aduanas de El Salvador para el periodo 2006 – 2014.

Según se presenta en la Tabla 3.15 la tendencia general en la importación de productos con mercurio añadido son a aumentar siendo los Interruptores-Unipolares los que muestran la mayor proyección de crecimiento (10.23%). Por el contrario productos como Termómetros de líquido (Mercurio) son los que presentan una tasa de decremento considerable (- 6.06%) en las importaciones que probablemente corresponde a la tendencia de desuso de termómetros con dicha tecnología.

En cuanto a las cantidades promedio anual de productos importados se tiene los Termo-Interruptores como los de mayor demanda tal como se muestra en la Figura 3.11, lo que representa el 41% de todos los productos con mercurio añadido identificados que se utilizan en El Salvador (Figura 3.12). Luego de los termostatos (y similares) el grupo más representativo de productos con mercurio añadido son las luminarias que representan el 11% conformado el segundo grupo de interés.

Siendo que los productos con mercurio añadido al final de su vida útil son la causa de la contaminación por este metal en el país, las tendencias en la importación y uso de estos productos se pueden traducir directamente como la tendencia a la generación de desechos de mercurio en el país en la misma cantidad y proporción.

Tabla 3.15 Tendencias de la importación por partidas arancelarias identificadas de productos con mercurio añadido.

Partida Arancelaria (Categoría)	Tasa Anual de Incremento (%)	Importación Promedio anual (TM)
90251100 - Termómetros de líquido, con lectura directa (Termómetros)	-6.09	10.3
90321000 - Termostatos	5.32	68.5
90322000 - Presostatos	6.62	13.5
85362010 - Interruptores termo-magnéticos al vacío, al aire, en aceite o en plástico (Termo-interruptores)	2.83	133.2
85364100 - Interruptores para una tensión inferior o igual a 60 V (Interruptores V60)	7.15	40.4
85365050 - Interruptores unipolares accionados a presión, para una tensión inferior o igual a 250 V (Interruptores-Unipolares)	10.23	5.9
85365070 - Interruptores automáticos termoelectrónicos (Arrancadores)	4.74	4.8
85393200 - Lámparas de vapor de mercurio o sodio; lámparas de halogenuro metálico (Luminarias)	5.04	36.3
85063000 - Pilas de óxido de mercurio (Pilas)	-	0.2
30064000 - Cementos y demás productos de obturación dental (Cemento Dental)	-1.32	12.6
Total		325.6

Fuente: Elaboración propia con dato de la DGA

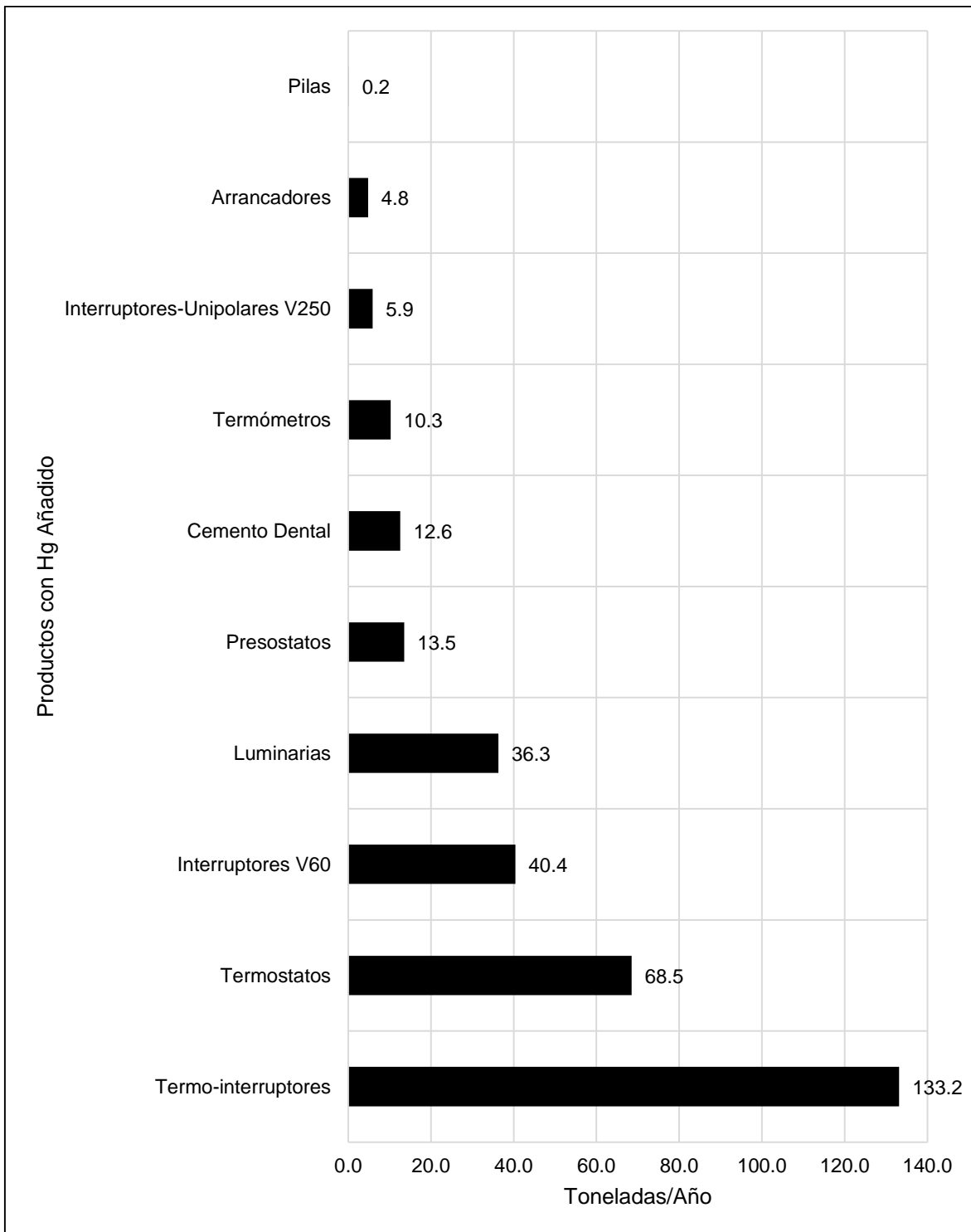


Figura 3.11 Toneladas anuales promedio de productos con mercurio añadido importados y calculados en base al periodo 2006 a 2014. Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA

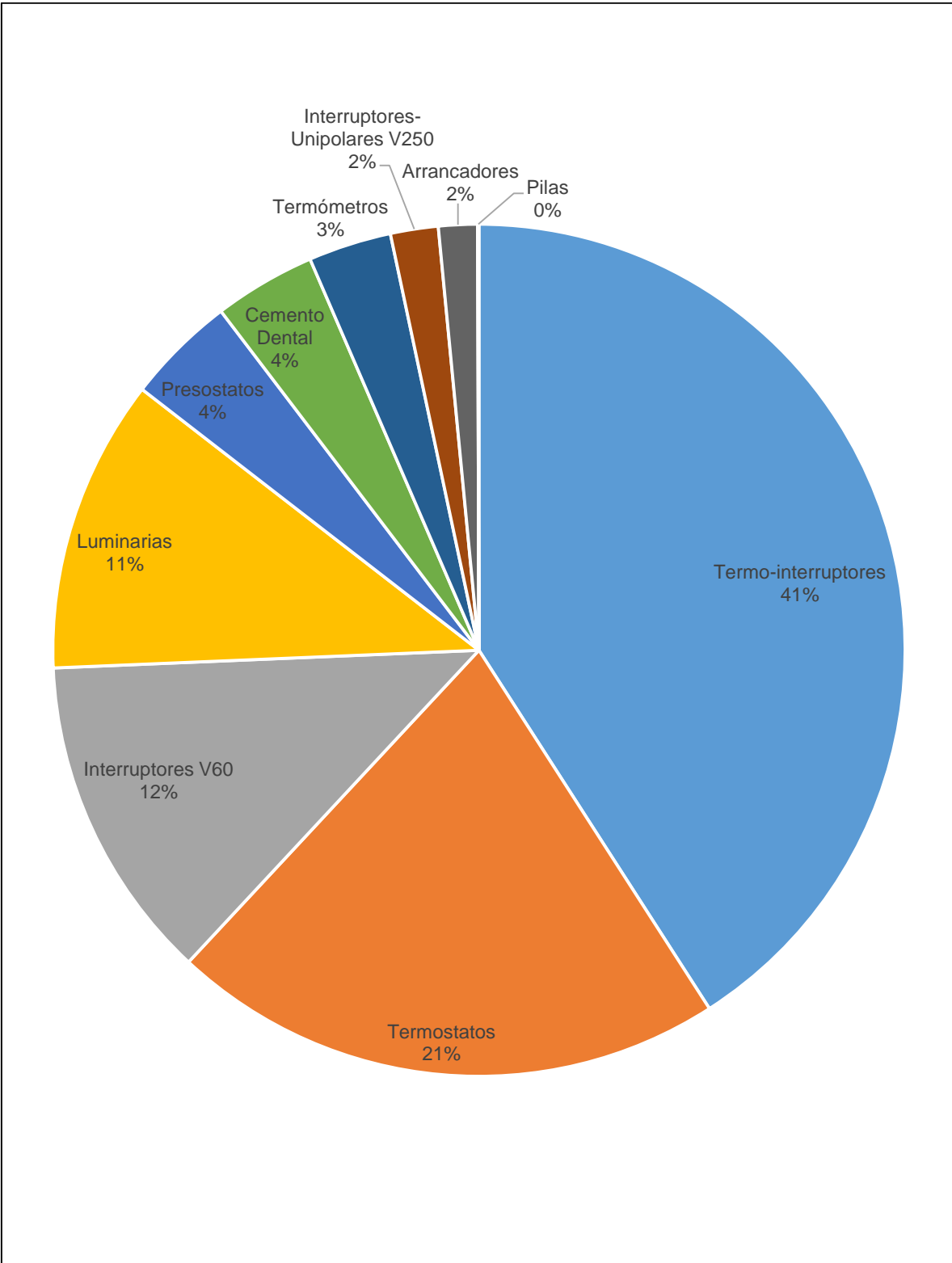


Figura 3.12 Distribución por categorías de productos con mercurio añadido
Fuente: Elaboración propia con datos de la DGA

3.2 GESTIÓN ACTUAL DE LOS DESECHOS DE MERCURIO

En El Salvador no existe gestión racionalmente ambiental de los desechos de mercurio aún cuando en el “*Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos*” en su artículo 23 identifica explícitamente estos materiales como desechos peligrosos, a los que por consiguiente les debe aplicar las respectivas normativas contenidas en la misma ley.

El esquema metodológico de la gestión de desechos de mercurio identificado en El Salvador se puede resumir como se muestra en la Figura 3.13.

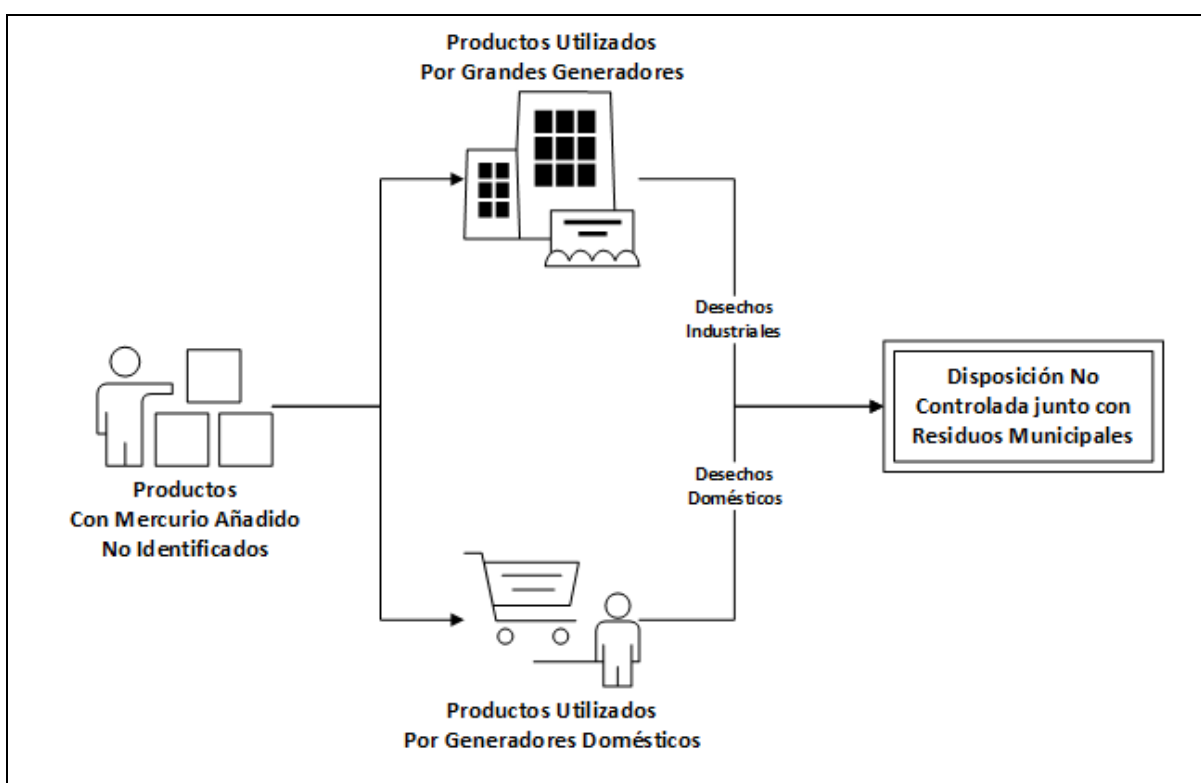


Figura 3.13 Esquema de gestión actual de los desechos de Mercurio en El Salvador
Fuente: Elaboración propia

La Figura 3.13 indica que existen desechos con contenido de mercurio, no obstante estos no se encuentran identificados como tales y no se les aplica medidas especiales. Los productos son utilizados por usuarios tanto del sector industrial/comercial (grandes generadores), así como por usuarios domésticos. En

ambos flujos de desechos, los productos con mercurio añadido que han llegado al final de su vida útil (en ese momento ya considerados desechos), se juntan con el resto de desechos sólidos y son tratados bajo las mismas condiciones lo que implica una disposición no controlada ni adecuada como desechos peligrosos.

3.2.1 Manejo General de Los Desechos en El Salvador

El manejo de los desechos sólidos en El Salvador se encuentra basado en la “Política Nacional del Medio Ambiente 2012” (GOES, 2012) en la que se establece la continuidad de la implementación del “Programa Nacional para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos” (GOES, 2010) más la ampliación de su alcance para con los residuos y materiales peligrosos.

Dicha política sostiene que bajo este programa se debe de ampliar y mantener la infraestructura de tratamiento actual, transferencia y disposición final de desechos sólidos, asegurando su accesibilidad geográfica a los municipios; la sostenibilidad en los sistemas de gestión; los mecanismos de regulación de la calidad y costos de los servicios.

Esta política además considera de manera esencial el involucramiento masivo de la población y las empresas en la adopción de la cultura 3R (Reducir, Reusar y Reciclar) con enfoque principal en la reducción, la separación en la fuente y el aprovechamiento con fines productivos de los desechos sólidos.

También plantea el fortalecimiento de las municipalidades para la reducción de costos y el mejoramiento de la cobertura del servicio a través de una mayor eficiencia. Así mismo promueve la eliminación, reducción y manejo adecuado de los residuos y materiales peligrosos; y el fortalecimiento del marco regulatorio a través de una “Ley de Gestión Integral de Residuos y Sólidos, Peligrosos y Especiales” cuyo principio básico sería la *extensión de responsabilidad* por generación de desechos sólidos a los consumidores, importadores, distribuidores y productores. Ya que según esta política “le dará mayor fuerza a los procesos de sensibilización y concientización ciudadana dirigidos a modificar hábitos y aptitudes, como a la optimización de los sistemas de producción y distribución” (GOES, 2012).

La gestión de residuos, referidos estrictamente a residuos domiciliarios, es la recolección, transporte, procesamiento, tratamiento o disposición de material de desecho, generalmente producida por la actividad humana, en un esfuerzo por reducir efectos perjudiciales en el medio ambiente, en la salud humana y la estética del entorno, y en la actualidad a causa del deterioro del medio ambiente se deben buscar mecanismos para recuperar los recursos del mismo, incluyendo en los sistemas de gestión el reciclaje y la reutilización de residuos. (Alvarado, Amador, & Cuéllar, 2012)

Al relacionar la temática de la gestión de residuos sólidos con la realidad nacional, se presenta a El Salvador como un país con pocos sitios de disposición final de los mismos, generando grandes costos de transporte y manejo final. La ausencia de mecanismos que regulen la calidad de los servicios y sus costos, ha ocasionado cobros excesivos y un endeudamiento de las municipalidades. (Alvarado, Amador, & Cuéllar, 2012)

Los elevados costos de transporte y disposición final, han generado disminución en la cobertura y frecuencia del servicio de recolección municipal causando condiciones insalubres en las ciudades. (Alvarado, Amador, & Cuéllar, 2012)

En El Salvador existen empresas independientes que se dedican a la recolección de plásticos, papel y latas. El *reciclaje*, consiste en la reutilización de productos de desecho, pero en lo que concierne al reciclaje parece no tener la difusión necesaria por parte del MARN. La misma Ley de Medio Ambiente de El Salvador indica que el MARN, en unión con otras instituciones, debe difundir la práctica del reciclaje como una de las medidas para manejar adecuadamente los desechos sólidos y reducir la contaminación. (Alvarado, Amador, & Cuéllar, 2012)

Diversas entidades no gubernamentales consideran que la situación actual del reciclaje en El Salvador podría mejorar si el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) brinda apoyo a quienes se dedican a recolectar los materiales reciclables. (Alvarado, Amador, & Cuéllar, 2012)

A. Programa Nacional para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos

Este programa corresponde a los programas de gestión del Gobierno de El Salvador del periodo 2009-2013, en este se recoge un diagnóstico de la situación del manejo de los desechos sólidos para el año 2009 el cual revela que el país genera alrededor de 3,400 toneladas de las cuales el 86% de la producción de estas provienen de los 6 departamentos más grandes que son: San Salvador, La Libertad, Santa Ana, San Miguel, Sonsonate y Usulután.

Otro dato revelador de este documento es que sólo el 75% de los desechos generados son depositados adecuadamente (entendiéndose por esto la disposición en los rellenos sanitarios autorizados). Además señala que la limitada cobertura del servicio de recolección es consecuencia de los elevados costos de transporte y disposición así como “la ausencia de mecanismos que regulen la calidad de los servicios y sus costos” lo que “ha provocado excesivos cobros y el endeudamiento de las municipalidades” (GOES, 2010)

El programa como tal establece la ampliación de la oferta de tratamiento y disposición final con la construcción de 42 plantas de compostaje y 6 nuevos rellenos sanitarios. Así mismo determina la sostenibilidad de los sistemas de gestión a través de:

- La determinación de tasas y cobro del servicio en base a costos gerenciales de los mismos.
- La definición y ejecución de planes de recuperación de mora.
- La disponibilidad de fondos por el ahorro en el pago de disposición final en los rellenos sanitarios.
- Generación de ingresos indirectos por la recuperación de materiales.
- Costos de operación en equilibrio con los ingresos por la prestación del servicio.

El programa también contempla “programas de educación” que estarán enfocados a trabajar con el sector dedicado a las prácticas de separación directamente en los rellenos sanitarios.

De igual manera este programa contempla los mecanismos de regulación, la inversión a realizarse y los mecanismos de financiamiento.

B. Entes de Disposición Final de Desechos Peligrosos Autorizados

Con base a la información proporcionada por la Oficina de Información y Respuesta del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), la Dirección de Saneamiento Ambiental de dicho ministerio ha autorizado a 6 entidades tanto públicas como privadas para la disposición final y/o transporte de medicamento e insumos vencidos y otros desechos peligrosos los cuales se detallan en las Tabla 3.16, Tabla 3.17 y Tabla 3.18.

No obstante desechos de mercurio o con contenido de mercurio no aparecen registrados para ser tratados y dispuestos por esto.

Tabla 3.16 Entidades autorizadas por el MARN para la disposición final de medicamento e insumos vencidos y otros desechos peligrosos (Parte I)

Nombre	Permiso Ambiental	Residuos y Desechos Autorizados
Geocycle El Salvador, S.A. de C.V. – Grupo Holcim El Salvador, S.A. de C.V.	Manejo, caracterización, pre-tratamiento de residuos y desechos peligrosos, destrucción de residuos y desechos en el co-procesamiento en hornos cementeros.	Aceites minerales, vegetales y sintéticos; Lodos de fondos de tanques; Desechos de plantas de tratamiento; Lodos de procesos químicos; Lodos de perforaciones; Aguas contaminadas; Residuos de destilación; Lodos industriales (Industria Química, de pinturas, papel, otros); Solventes e hidrocarburos; Plásticos (contaminados y no contaminados); Medicinas vencidas; Textiles; Suelos, arenas, polvos, arcillas y tierras contaminadas; Tierras diatomáceas, emulsiones, bitúmenes, hullas, ceras; Materiales caducos y/o fuera de especificación; Químicos de origen industrial o farmacéutico; Pesticidas; Desechos con PCB ^{Asç} ; Biomásas, papel, cartón; Desechos sólidos Municipales previamente clasificados.
Manejo Integral de Desechos Sólidos, Sociedad por acciones de Economía Mixta y de Capital Variable (MIDES, S.E.M. de C.V.),	Tratamiento y disposición final en celdas de confinamiento de algunos medicamentos vencidos.	Listado de medicamentos descartados autorizados: 1-Vitaminas, minerales y suplementos nutricionales; 2-Corticosteroides y hormonas: undecilinato de boldenona, clostebol, estradiol etinil, etisterona, progesterona; 3-Analgésicos y antiinflamatorios: fuertes (dextropropoxifeno) y débiles; 4-Antibióticos y quimioterapéuticos: cloranfenicol y derivados, penicilinas y cefalosporinas, tetraciclinas y oxitetraciclinas, fusidato sódico, sulfonamida, rifa+mpicina, ansamicinas, polienicos, macrólidos, aminoglucósidos, quinolona, polipeptídicos, lincomicina; 5-Amebicidas, protozoarios, antimicóticos: metronidazol, mebendazol, albendazol, levamizol, ketoconazol, nitazoxanida, senicdazol, clotrimazol; 6-Sueros inmunes, vacunas, toxoides, antitoxinas, antivenenos y antivirales: toxoide tetánico, antídifteria, anti rabia, suero antiofídico, oseltamivir (tamiflu), furantadina amantadina, aciclovir; 7-Antiácidos y antiulcerosos: omeprazol, lanzoprazol, subsalicilato de bismuto; 8-Psicotrópicos, narcóticos controlados, antihistamínicos, mucolítico, antitusivos: bromazepan, morfina, pseudofedrina, ansiolíticos o tranquilizantes, barbitúricos, opiáceos, diazepam, clorfeniramina maleato, loratadina, bromhexina, guaifenesina; 9-Anestésicos: lidocaína (controlada); 10-Productos naturales de origen vegetal y animal: ginseng, ginko, lecitina, medicinas naturales, paclitaxel, docetaxel, actinomicina. Dicho permiso no incluye desechos de químicos de laboratorio y pesticidas.

Fuente: Resolución MARN-OIR N° 102-2015

(Continúa)

Tabla 3.17 Entidades autorizadas por el MARN para la disposición final de medicamento e insumos vencidos y otros desechos peligrosos (Parte II)

Nombre	Permiso Ambiental	Residuos y Desechos Autorizados
Manejo Integral de Desechos Sólidos, Sociedad por acciones de Economía Mixta y de Capital Variable (MIDES, S.E.M. de C.V.),	Tratamiento de desechos médicos por autoclave	Desechos bioinfecciosos
Alcaldía Municipal de San Miguel	Planta de tratamiento y disposición final de desechos hospitalarios Uluazapa	Disposición final de desechos hospitalarios

Fuente: Resolución MARN-OIR N° 102-2015

Tabla 3.18 Entidades autorizadas por el MARN para el transporte de medicamento e insumos vencidos y otros desechos peligrosos

Nombre	Permiso Ambiental	Residuos y Desechos Autorizados
Geocycle El Salvador, S.A. de C.V. - Grupo Holcim El Salvador, S.A. de C.V.	Transporte de Sustancias y materiales peligrosos	Transporte de medicinas y medicamentos vencidos, fuera de uso, caducos, fuera de especificación / emulsiones / materiales caducos y/o fuera de especificación / material de descarte: agujas, jeringas, bajalenguas procedentes de establecimientos de salud/ otros residuos y desechos peligrosos
Operadora de la Sierra, S.A. de C.V.	Transporte de Sustancias y materiales peligrosos	Transporte de medicinas y medicamentos vencidos, fuera de uso, caducos, fuera de especificación / emulsiones / materiales caducos y/o fuera de especificación
Corporación HR, S.A. de C.V.	Transporte de materiales peligrosos	Transporte de desechos patológicos, desechos punzo cortantes, desechos farmacéuticos
MIDES, SEM de C.V.	Transporte de medicamentos caducos	Transporte de vitaminas, productos biológicos, productos minerales, coricoteroides, hormonas, analgésicos, antiinflamatorios, quimioterapéuticos, antibióticos, amebicidas, protozoarios, antimicóticos, antiácidos, anti ulcerosos, psicotrópicos, antihistamínicos, antitusivos, anestésicos, expectorantes, productos naturales.
BIOCAM TECNOLOGIA, S.A. de C.V.	Transporte de materiales peligrosos	Transporte de desechos biológico-infecciosos.

Fuente: Resolución MARN-OIR N° 102-2015

4 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA GESTIÓN ACTUAL DE LOS DESECHOS DE MERCURIO GENERADOS EN EL SALVADOR

Una evaluación de impacto ambiental es un mecanismo desarrollado para identificar y cuantificar (cualitativa o cuantitativamente) las bondades (impactos positivos) o daños y perjuicios (impactos negativos) que las actividades de un proyecto o como este caso las actividades relacionadas a la gestión de desechos de mercurio generan al medio ambiente.

En una evaluación de impacto ambiental se miden los impactos que una determinada actividad genera en una serie de factores ambientales implicados. Las actividades se identifican con base en la observación de cómo se desarrollan medidas de manejo, tratamiento y disposición final de los desechos de mercurio (en este caso específicamente de desechos de luminarias) y los factores ambientales se definen en base al contacto o relaciones que dichas actividades tienen con el medio ambiente.

Existen diversas metodologías para desarrollar una evaluación de impacto ambiental, no obstante se consideró que el Método de los Criterios Relevantes Integrados (CRI) permite el nivel de detalle requerido (en esta investigación) a través de una medición tanto cualitativa como cuantitativa.

4.1 MÉTODO DE CRITERIOS RELEVANTES INTEGRADOS (CRI)

El método se basa en la elaboración del índice Valor del Impacto Ambiental (VIA) para los impactos que genera el fenómeno estudiado (en este caso el efecto de las liberaciones de mercurio en los desechos sólidos). La metodología es aplicable a fenómenos estudiados con intensa participación multidisciplinaria.

Para determinar las relaciones causa – efecto, entre las actividades del fenómeno estudiado, fuentes de impacto ambiental y los posibles efectos ambientales.

El índice VIA se calcula como una suma ponderada de los valores de los indicadores: carácter, intensidad, extensión, duración, magnitud, reversibilidad y riesgo o probabilidad del impacto. Una vez obtenido el VIA se categoriza el impacto de acuerdo al riesgo de ocurrencia. (Cuentas, 2009)

Al inicio de la evaluación, se intenta expresar cuantitativamente cada uno de estos indicadores de manera separada y aproximadamente de acuerdo a los criterios que se dan a continuación:

Esta evaluación se basa únicamente en las liberaciones de mercurio identificadas en las secciones anteriores como consecuencia de la actual gestión, manejo y disposición de dichos desechos de mercurio.

4.1.1 Parámetros de Evaluación del Método CRI

A. Carácter del Impacto o Signo (+/-)

Esta calificación establece si el impacto de cada actividad del fenómeno estudiado es beneficiosa (signo positivo) o adversa (signo negativo). En caso de que la actividad no ocasione impactos o estos sean imperceptibles, entonces el impacto no recibe ninguna calificación.

B. Intensidad del impacto (I)

La intensidad, considera qué tan grave puede ser la influencia de la actividad del fenómeno estudiado sobre el componente ambiental analizado. Para esta evaluación se propone un valor numérico de intensidad que varía de 1 a 10 dependiendo de la severidad del impacto analizado. La Tabla 4.1 muestra la escala de valores sugeridos para calificar esta variable:

Tabla 4.1 Escala de Valoración de la intensidad del impacto

Intensidad	Descripción	Valor
Baja	Cuando el grado de alteración es pequeño, y la condición original de la componente práctica se mantiene.	1
Media	Cuando el grado de alteración implica cambios notorios respecto a su condición original, pero dentro de rango aceptables.	5
Alta	Cuando el grado de alteración de su condición original es significativo.	10

Fuente: Adaptado de (Cuentas, 2009)

C. Extensión o influencia espacial del impacto (E)

Esta variable considera la influencia del impacto sobre la delimitación espacial del componente ambiental. Es decir califica el impacto de acuerdo al tamaño de la superficie o extensión afectada por las actividades desarrolladas por el fenómeno estudiado, tanto directa como indirectamente. La escala de calificación de esta variable se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Escala de valoración de la extensión del impacto

Intensidad	Descripción	Valor
Puntual	Cuando el efecto se verifica únicamente dentro del área en que se localiza la fuente de impacto.	1
Local	Cuando su efecto se verifica en los alrededores del área afectada	5
Extenso	Cuando su efecto abarca áreas mucho más allá de los alrededores.	10

Fuente: Adaptado de (Cuentas, 2009)

D. Duración del impacto (D)

Esta variable considera el tiempo que durará el efecto de la actividad del fenómeno estudiado sobre el componente ambiental analizado. La Tabla 4.3. Muestra la escala de valores sugeridos para calificar la variable.

Tabla 4.3 Escala de valoración del impacto

Duración	Plazo	Valor
Más de 10 años	Largo	10
De 5 a 10 años	Mediano	5
Menos de 5 años	Corto	1

Fuente: Adaptado de (Cuentas, 2009)

E. Magnitud del impacto ambiental (M)

Esta variable no necesita ser calificada ya que su valor es obtenido relacionando las tres variables anteriores (signo, intensidad, extensión y duración). Sin embargo cada variable no influye de la misma manera sobre el resultado final de la magnitud, cuya ecuación es la siguiente:

$$M = \pm[IW_I + EW_E + DW_D]$$

Ecuación 1 Cálculo de la Magnitud de Impacto Ambiental

Donde:

I; Intensidad

E; Extensión

D; Duración

M; Magnitud

En la Ecuación 1, W_I , W_E y W_D , son factores adimensionales que representan el peso de incidencia de la variable considerada sobre la magnitud del impacto, y cuyo valor numérico individual es inferior a 1. La suma de los tres coeficientes de peso, en conjunto, debe ser siempre igual a la unidad. La asignación de valores a los coeficientes de peso dependerá del criterio del grupo evaluador.

Para la evaluación ambiental, se asignan los siguientes valores:

$$W_I = 0.4$$

$$W_E = 0,4$$

$$W_D = 0,2$$

F. Reversibilidad del impacto (RV)

Esta variable, considera la capacidad del sistema de retornar a las condiciones originales una vez cesada la actividad generadora del impacto. La Tabla 4.4 muestra la escala de valores asignados para calificar esta variable.

Tabla 4.4 Escala de valoración de la reversibilidad de los impactos

Categoría	Capacidad de Reversibilidad	Valor
Irreversible	Bajo o irrecuperable	10
	El impacto puede ser recuperable a muy largo plazo (>30 años) y a elevados costos	8
Parcialmente Reversible	Mediana. Impacto reversible a largo y mediano plazo	5
Reversible	Alta. Impacto reversible de forma inmediata o a corto plazo	1

Fuente: Adaptado de (Cuentas, 2009)

G. Riesgo o probabilidad del suceso (RG)

Finalmente, se valora la probabilidad de ocurrencia del impacto sobre el componente ambiental analizado. La Tabla 4.5. Muestra la escala de valores asignados a esta variable:

Tabla 4.5 Escala de valoración de la probabilidad de ocurrencia del impacto

Probabilidad	Rango de Ocurrencia	Valor
Alta	Si el impacto tiene una probabilidad de ocurrencia mayor al 50%	10
Media	Si el impacto tiene una probabilidad de ocurrencia entre el 10% y el 50%	5
Baja	Si el impacto tiene una probabilidad de ocurrencia casi nula en un rango menor al 10%	1

Fuente: Adaptado de (Cuentas, 2009)

H. Valor del Impacto Ambiental (VIA)

Una vez calificadas las seis variables de la valoración ambiental, se procede a calcular el valor del Impacto ambiental (VIA). Este valor considera la relación de la magnitud (M), la reversibilidad (RV) y el riesgo (RG), mediante la Ecuación 2:

$$VIA = RV^{WRV} \times RG^{WRG} \times |M|^{WM}$$

Ecuación 2 Cálculo del Valor del Impacto Ambiental

Donde:

RV: Reversibilidad

RG: Riesgo

M: Magnitud

VIA: Valor del Impacto Ambiental

En la Ecuación 2, *WRV*, *WRG* y *WM*, también son factores adimensionales que representan el peso de incidencia de la reversibilidad, el riesgo y la magnitud respectivamente. Al igual que la ecuación de magnitud, dichos coeficientes son menores que 1 y la suma de los mismos, debe dar la unidad.

Para la evaluación ambiental, se asignan los siguientes valores:

$$WRV = 0.3$$

$$WRG = 0.3$$

$$WM = 0.4$$

Los cuales se pueden interpretar como que el efecto de la Reversibilidad (WRV) tiene una importancia del 30%, el Riesgo (RG) de que suceda el impacto tiene un peso de 30% y su Magnitud (M) un 40%.

Una vez obtenido el valor del impacto ambiental (VIA) de cada impacto evaluado se procesan y analizan los resultados. El procedimiento consiste en la sumatoria algebraica de las filas y las columnas respectivamente. Adicionalmente, se procede a contabilizar los impactos negativos y positivos ocasionados por el fenómeno estudiado.

I. Significatividad de los impactos ambientales evaluados

Para complementar la evaluación de impactos, se requiere de una fase de caracterización cualitativa de los impactos evaluados cuantitativamente. Esto se realiza con el fin de ayudar en la toma de decisiones respecto a las potenciales medidas de mitigación más prioritarias a ser implementadas. Para esto, se elabora la matriz de significatividad de impactos, en la que se detallan en forma cualitativa las características de los mismos. La significatividad del impacto se determina basándose en el valor del Impacto ambiental (VIA) de acuerdo a la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Escala de significatividad de los impactos evaluados.

VIA	Significancia del Impacto
< 2.0	Baja
2.0 – 4.0	Media
4.0 – 6.0	Alta
6.0 – 8.0	Muy Alta
>8.0	Crítico

Fuente: Adaptado de (Cuentas, 2009)

4.2 IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

Dado que la dinámica del manejo de los desechos de mercurio es amplia y compleja, se abordó de manera más específica hacia la disposición inadecuada de las luminarias con contenido de mercurio. Esta elección se basa en el hecho que

aun cuando las luminarias representan el 11% de los desechos generados, su manipulación inadecuada representa el mayor riesgo de contaminación e impacto para el medio ambiente tanto por su naturaleza química como por su origen como desecho (desechos domésticos y desechos de grandes generadores).

Al focalizar la evaluación en un problema específico, se disminuye el sesgo de determinar acciones/actividades de carácter global que puedan llevar a una evaluación subjetiva de los impactos.

Las actividades desarrolladas en la gestión inadecuada de luminarias con contenido de mercurio (en adelante luminarias) son las siguientes:

- Disposición de luminarias en la basura común (tanto de origen industrial como doméstico)
- Destrucción accidental de luminarias.
- Acumulación de luminarias en sitios no autorizados y sin protección
- Manipulación inadecuada de luminarias.
- Manipulación de luminarias sin equipo de protección.
- Disposición de luminarias en terrenos a cielo abierto.
- Destrucción de luminarias en camiones recolectores municipales sin ninguna medida de protección de higiene y seguridad ocupacional.
- Gestión de luminarias como material no peligroso.

4.3 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS

Considerando que la presente evaluación se basa en desechos sólidos (para el caso particular de las luminarias), solo se han tomado en cuenta los factores ambientales que pueden verse afectados negativamente por los desechos de mercurio.

A. Características Físicas y Químicas

a. Tierra

i. Suelos

b. Agua

i. Superficiales

- ii. Subterráneas
 - iii. Marinas
 - iv. Calidad
 - c. Atmósfera
 - i. Calidad (gases, partículas)
 - d. Procesos
 - i. Deposición
 - ii. Sorción (intercambio de iones complejos)
- B. Condiciones Biológicas
 - a. Flora
 - i. Árboles
 - ii. Arbustos
 - iii. Hierbas
 - iv. Cosechas
 - b. Fauna
 - i. Peces y mariscos
 - ii. Animales terrestres
- C. Factores Culturales
 - a. Usos de territorio
 - i. Espacios abiertos y salvajes
 - ii. Pastos
 - iii. Agricultura
 - iv. Zona Residencial
 - b. Recreativos
 - i. Pesca
 - ii. Zona de baño
 - c. Nivel Cultural
 - i. Salud
 - ii. Seguridad

4.4 CONFRONTACIÓN DE ACTIVIDADES Y FACTORES AMBIENTALES

La confrontación de las actividades con los factores ambientales consiste en analizar y determinar si los factores en cuestión se relacionan de alguna manera de forma negativa con la actividad específica. A manera de ejemplo se presenta el siguiente análisis, cuyo ejercicio se utilizó para completar la Tabla 4.7:

Actividad: Disposición de luminarias en la basura común

Análisis sobre los Factores Ambientales:

Los desechos sólidos terminan en los rellenos sanitarios comunes, las luminarias al ser tratadas de la misma manera que estos se rompen liberando su polvo con mercurio contaminando al resto de la basura común. Esta basura común es depositada a cielo abierto expuesta a las diferentes condiciones ambientales tales como la lluvia la cual disuelve y arrastra el químico contaminante esparciéndolo por los suelos contaminando este y al agua misma que llega a los ríos, a las aguas subterráneas y las aguas marinas.

Una vez el compuesto esté en agua, este se acumula en los sedimentos de ríos y lagos, así como en peces y mariscos (y otros animales acuáticos y mamíferos) a través de la alimentación y consumo del agua contamina.

Por otro lado el mercurio en suelo participa y altera los procesos químicos y naturales de sorción lo cual lo transforma a otra forma química que lo hace más peligroso o que puede participar a su vez en otros tipos de reacciones o procesos tales como en la absorción de nutrientes de algunas plantas.

Dependiendo que zonas estén cerca de los rellenos se pueden afectar cultivos, pastos y vegetación en general de los cuales algunos son alimentos de animales haciendo que el mercurio se acumule en ellos y termine por enfermarlos (en función de la cantidad del compuesto presente en el organismo).

Dado que el ser humano se alimenta de algunas de estas especies tanto vegetales como animales este químico toxico pone en riesgo la seguridad y salud.

Tabla 4.7 Matriz de Interacción de Factores y Actividades

Actividades/Factores	Características Físicas y Químicas								Condiciones Biológicas						Factores Culturales								TOTAL INTERACCIONES POR ACTIVIDA
	Tierra - Suelos	Agua - Superficiales	Agua - Subterráneas	Agua - Marinas	Agua - Calidad	Atmosfera - Calidad (gases, partículas)	Procesos - Deposition	Procesos - Sorción (intercambio de iones)	Flora - Árboles	Flora - Arbustos	Flora - Hierbas	Flora - Cosechas	Fauna - Peces y mariscos	Fauna - Animales terrestres	Espacios abiertos y salvajes	Pastos	Agricultura	Zona Residencial	Pesca	Zona de baño	Salud	Seguridad	
Disposición de luminarias en la basura común (tanto de origen industrial como doméstico)	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	21
Destrucción accidental de luminarias.	x	x	x	x	x	x	x	x					x								x	x	11
Acumulación de luminarias en condiciones no adecuadas.																					x	x	2
Manipulación inadecuada de luminarias.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	20
Manipulación de luminarias sin equipo de protección.																					x	x	2
Disposición acumulativa de luminarias en tiraderos a cielo abierto.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	22
Destrucción de luminarias en camiones recolectores.						x															x	x	3
Gestión de luminarias como material no peligroso.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	22
TOTAL INTERACCIONES POR FACTOR	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	5	5		

Fuente: Elaboración propia

4.5 EVALUACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE IMPACTOS

A partir de la matriz mostrada en la Tabla 4.7 se determinaron los factores ambientales que se ven afectados por las actividades que se desarrollan por la gestión actual de luminarias.

4.5.1 Evaluación y Cálculo del Valor de Impacto Ambiental

Los impactos ocasionados a estos factores fueron evaluados a través de los criterios y parámetros presentados en la sección 4.1.1. y se muestran en la Tabla 4.8.

La evaluación de cada uno de los factores impactados se realiza a través de un análisis que conduce a la puntuación en la escala del 1 al 10 de los parámetros. A manera de ejemplo se presenta el siguiente análisis:

Factor: Calidad del Agua

Análisis de Parámetros:

INTENSIDAD (I): La escasez de agua en calidad adecuada para el consumo humano y para la subsistencia de los animales es un problema muy documentado. La contaminación de agua por mercurio es inmediata cuando este llega a ella afectando a la fauna acuática y seres humanos. Dado que el mercurio no se degrada en el agua si no se acumula, el solo hecho de la presencia de este metal puede ocasionar los problemas a la salud ya mencionados, haciendo más complicados los procesos de potabilización de agua y alterando los ecosistemas acuáticos. Por lo anterior la INTENSIDAD del impacto a la calidad del agua se evalúa como ALTA (equivalente a una ponderación de 10) pues su grado de alteración es significativo.

EXTENSIÓN (E): El mercurio en el agua tiende a sedimentarse en el fondo de los ríos, lagos y mantos acuíferos en general, así mismo parte de este se diluye y se mueve con las corrientes, aún con esta movilidad una buena cantidad del mercurio se mantiene en altas concentraciones en el foco de contaminación y alrededores. Por lo tanto el efecto en la calidad del agua por contaminación por mercurio es

impacto con extensión LOCAL (área de contaminación y alrededores) equivalente a una calificación de 5 en este parámetro.

DURACIÓN (D): Debido a la movilidad del mercurio por las corrientes de agua y su acumulación en peces y mariscos, una vez la fuente de contaminación es retirada la presencia del contaminante y por lo tanto la contaminación del agua puede llegar a durar hasta largo plazo es decir más de 10 años lo que se califica con el valor máximo 10.

MAGNITUD (M): Este valor se obtiene a través de la ecuación 1, que para este caso da el valor de 8.

REVERSIBILIDAD (RV): Dado que la calidad del agua por contaminación de mercurio puede darse a través de procesos especializados a costos elevados y que de manera natural podrían tardar hasta más de 30 años (si se elimina la fuente de contaminación del lugar del impacto) este parámetro se evalúa como IRREVERSIBLE con una calificación de 8.

RIESGO O PROBABILIDAD DEL SUCESO (RG): Ya que el solo hecho de la existencia de mercurio en agua afecta directamente su calidad la evaluación de este factor es ALTA equivalente a una calificación de 10.

VALOR DEL IMPACTO AMBIENTAL (VIA): Este valor es calculado a través de la ecuación 2 que para este factor da un valor de 8.6.

SIGNIFICATIVIDAD: Dado que el VIA para la el factor “Calidad del Agua” tiene un valor de 8.6 este tiene un nivel de priorización CRÍTICO, el cual se interpreta como que los factores ambientales evaluados este tiene una prioridad inmediata de ser atendido.

En la Tabla 4.8 se resume la evaluación para los factores afectados.

Tabla 4.8 Matriz de Cálculo del Valor de Impacto Ambiental y Significancia

FACTORES AMBIENTALES			INTENSIDAD	EXTENSIÓN	DURACIÓN	MAGNITUD	REVERSIBILIDAD	PROBABILIDAD	VIA	SIGNIFICANCIA
Características Físicas y Químicas	Tierra	Suelos	10	1	10	6	8	10	7.8	MUY ALTA
	Agua	Superficiales	5	10	10	8	8	10	8.6	CRITICA
		Subterráneas	5	5	10	6	8	5	6.2	MUY ALTA
		Marinas	1	5	5	3	5	10	5.3	ALTA
		Calidad	10	5	10	8	8	10	8.6	CRITICA
	Atmósfera	Calidad (gases, partículas)	5	5	5	5	1	10	3.8	MEDIA
	Procesos	Deposición	10	5	10	8	8	10	8.6	CRITICA
Sorción (intercambio de iones complejos)		10	5	10	8	8	10	8.6	CRITICA	
Condiciones Biológicas	Flora	Árboles	1	5	5	3	8	1	3.0	MEDIA
		Arbustos	1	5	5	3	8	1	3.0	MEDIA
		Hierbas	1	5	5	3	8	1	3.0	MEDIA
		Cosechas	1	5	1	3	5	1	2.4	MEDIA
	Fauna	Peces y mariscos	10	5	5	7	8	10	8.1	CRITICA
		Animales terrestres	5	5	5	5	5	5	5.0	ALTA
Factores Culturales	Usos de territorio	Espacios abiertos y salvajes	10	1	10	6	8	5	6.4	MUY ALTA
		Pastos	10	1	10	6	8	5	6.4	MUY ALTA
		Agricultura	10	1	10	6	8	5	6.4	MUY ALTA
		Zona Residencial	10	5	10	8	8	10	8.6	CRITICA
	Recreativos	Pesca	10	5	10	8	8	8	8.0	CRITICA
		Zona de baño	10	1	10	6	8	5	6.4	MUY ALTA
		Salud	10	5	5	7	8	10	8.1	CRITICA
		Seguridad	10	5	5	7	8	10	8.1	CRITICA
VIA PROMEDIO									6.2	MUY ALTA

Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Priorización de Factores Impactados

De los 26 componentes ambientales evaluados, 5 obtuvieron una relevancia calificada como Media (siendo esta significancia la más baja), y nueve fueron calificados como Crítico (siendo estos los de mayor significancia). Ver Tabla 4.8.

En general, el VIA promedio y la Relevancia integrada de los impactos negativos que la problemática del mercurio está causando se determinaron como MUY ALTA (6.2).

Las principales afectaciones ambientales determinadas a priorizar y algunos de sus impactos negativos son los siguientes:

- *Aguas superficiales (Contaminación) y Calidad.*

Cuando la contaminación por mercurio ya está presente en los suelos o en el agua, todas las opciones disponibles para la limpieza y remediación son muy caras y no del todo satisfactorias. En algunos casos, los medios usados para limpiar los suelos y el agua contaminados, simplemente mueven el mercurio a otro medio. (Weinberg, 2010)

- *Deposición de Mercurio*

La mayor parte del mercurio presente en la atmósfera se halla en estado gaseoso, pero una parte de él está adherida a material particulado. El mercurio gaseoso es más que nada mercurio elemental, pero un pequeño porcentaje se ha oxidado para formar compuestos de mercurio, como el cloruro de mercurio y el óxido de mercurio.

El vapor de mercurio puro, llamado también mercurio elemental gaseoso (MEG) y a los compuestos de mercurio que se encuentran en estado gaseoso en la atmósfera se les conoce por lo general como mercurio gaseoso reactivo, o MGR. Los compuestos de MGR son más reactivos químicamente que los compuestos de MEG y son generalmente solubles en agua. El MGR es mucho menos estable en la atmósfera que el MEG, y la lluvia y otras formas de precipitación pueden eliminarlo de la atmósfera. Esto se llama deposición húmeda. El MGR también puede ser

eliminado de la atmósfera sin precipitación, a través de un proceso denominado deposición seca.

- *Sorción de Mercurio (Intercambio de Iones Complejos)*

Las condiciones del suelo generalmente son favorables a la formación de compuestos inorgánicos y orgánicos, que forman complejos con aniones orgánicos. El comportamiento complejante controla en gran medida la movilidad del mercurio en el suelo. Gran parte del mercurio que se encuentra en el suelo está unido a la masa de materia orgánica y puede ser lixiviado por la escorrentía sólo cuando se encuentra unido a humus o suelo en suspensión.

Por esas razones, el mercurio tiene un largo tiempo de permanencia en el suelo y, por lo tanto, el mercurio acumulado en el suelo se puede seguir liberando a las aguas de superficie y otros medios durante largos períodos de tiempo, posiblemente cientos de años. (PNUMA Productos Químicos, 2005)

- *Fauna acuática (Peces y Mariscos)*

La toxicidad del mercurio depende de su forma química y, por lo tanto, los síntomas y signos varían según se trate de exposición al mercurio elemental, a los compuestos inorgánicos de mercurio, o a los compuestos orgánicos de mercurio (en particular los compuestos de alquilmercurio como sales de metilmercurio y etilmercurio, y el dimetilmercurio). Las fuentes de exposición también varían notablemente de una a otra forma de mercurio. En cuanto a los compuestos de alquilmercurio, de los cuales el metilmercurio es, con mucho, el más importante, la fuente de exposición más significativa es la dieta, particularmente la dieta a base de pescados y mariscos. (PNUMA Productos Químicos, 2005)

El metilmercurio (CH_3Hg^+) es la forma de mercurio con mayor responsabilidad por la contaminación con mercurio de los peces y mariscos, y de las aves y mamíferos que se los comen. (Weinberg, 2010).

- *Uso del terreno para zonas residenciales*

En muchos lugares los residuos de mercurio son liberados directamente en los suelos locales, en las masas de agua locales y en las aguas subterráneas, lo que se traduce en sitios contaminados con mercurio.

Cuando se envía un producto con mercurio a un vertedero o a un relleno sanitario especialmente preparado, gran parte de ese contenido de mercurio se escapará hacia el medio ambiente circundante. Una vía importante de escape del mercurio son los incendios de vertederos y los incendios de rellenos sanitarios. Sin embargo, aún sin incendios, parte del mercurio que llega a los vertederos y rellenos sanitarios se volatilizará y entrará en la atmósfera. Los compuestos hidrosolubles de mercurio pueden filtrarse y entrar en los sistemas hídricos. Tanto el mercurio elemental como los compuestos de mercurio pueden adherirse a los suelos y pueden migrar lejos del sitio a causa de inundaciones u otras condiciones. (Weinberg, 2010).

Por lo anterior un sitio contaminado por mercurio, independientemente de la forma en que haya llegado el mercurio a los lugares, cambia el uso de los terrenos dejándolos no aptos para vivienda y zonas residenciales.

- *Salud humana y seguridad*

El mercurio tiene diversos efectos adversos, importantes y documentados, sobre la salud humana y el medio ambiente de todo el mundo. El mercurio y sus compuestos son sumamente tóxicos, especialmente para el sistema nervioso en desarrollo. El nivel de toxicidad en seres humanos y otros organismos varía según la forma química, la cantidad, la vía de exposición y la vulnerabilidad de la persona expuesta. Los seres humanos pueden estar expuestos al mercurio de diversas formas, incluido, entre otras cosas, el consumo de pescado, los usos ocupacionales y domésticos, las amalgamas dentales y las vacunas que contienen mercurio. (PNUMA Productos Químicos, 2005)

5 GUÍA DE GESTIÓN PARA LOS DESECHOS DE MERCURIO

La presente propuesta está basada en las “*Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de desechos consistentes en mercurio elemental y desechos que contienen mercurio o están contaminados por este*” (PNUMA & SCB, 2012); Así como en el “*Practical Sourcebook On Mercury Waste Storage And Disposal (Libro Practico de Almacenamiento y Eliminación de Residuos de Mercurio)*” (UNEP & ISWA, 2015). Las cuales se estiman adecuadas a los tipos de desechos que se generan en El Salvador.

Según estas directrices el esquema para la gestión ambientalmente racional de residuos con mercurio añadido es la siguiente (Figura 5.1):

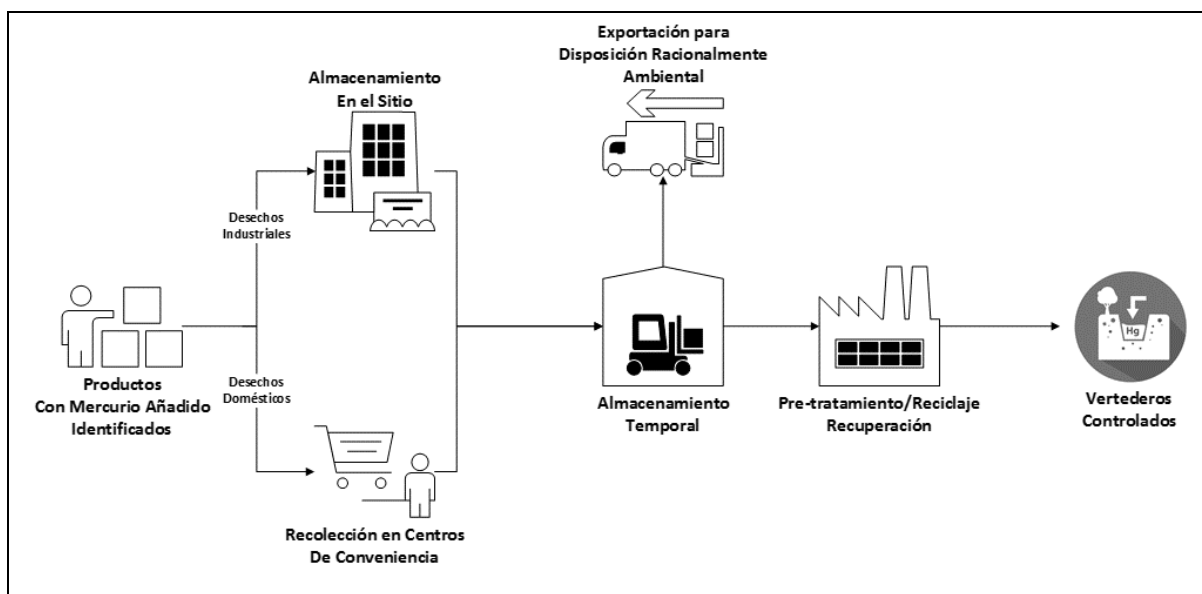


Figura 5.1 Línea de gestión de los desechos con mercurio añadido Fuente: Elaboración propia

La Figura 5.1 esquematiza la propuesta de gestión planteada la cual inicia con la identificación de los productos con mercurio añadido, estos productos una vez

convertidos en desechos se separan de las respectivas corrientes generales de desechos (corriente de residuos de los grandes generadores y generadores domésticos). Estos desechos se recolectan y almacenan para el caso de los grandes generadores en un sitio adecuado para tal fin en las propias instalaciones, mientras que los generadores domésticos entregan sus residuos en puntos específicos de recolección convenientemente adecuados. Este cúmulo de residuos pasará posteriormente a un lugar de almacenamiento temporal a espera de un tratamiento adecuado que conlleve a una disposición racionalmente ambiental o a espera para su exportación a otro lugar para darles una disposición racional.

Dado que una buena parte de los desechos de mercurio generados en El Salvador provienen del uso de instrumentos y artículos cotidianos de uso común, es preciso establecer directrices generales para su clasificación y recolección. A continuación se presentan una serie de alternativas según el tipo de desecho y su origen (doméstico o industrial).

5.1 RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR (REP)

Esta propuesta se basa principalmente en el concepto de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) la cual se entiende por responsabilidad ampliada del productor “un enfoque de la política ambiental según el cual la responsabilidad del productor se amplía hasta la etapa del ciclo de vida de un producto posterior al consumo”. (PNUMA & SCB, 2012)

Se considera que el "productor" es el propietario de la marca de fábrica o el importador, excepto en casos como el empaque, y en situaciones en las que el propietario de la marca de fábrica no está claramente definido, como ocurre con los equipos electrónicos, el fabricante (y el importador) sería el productor.

Los programas de responsabilidad ampliada del productor hacen responsable al productor de la gestión de los productos hasta el final de su vida útil, ya que pone el producto por primera vez en el mercado, y exime a los gobiernos municipales, además esos programas prevén incentivos para que los productores incorporen

consideraciones ambientales en el diseño de sus productos de manera que los costos ambientales del tratamiento y la eliminación se incorporen en el costo del producto. La responsabilidad ampliada de los productores se puede imponer mediante procedimientos obligatorios, negociados o voluntarios. Los programas de recogida para la recuperación pueden ser parte de los de responsabilidad ampliada del productor. (PNUMA & SCB, 2012)

Para el caso de El Salvador esta medida puede suponer el logro de alguno de los siguientes objetivos (según el diseño de la política).

- 1) Aliviar al gobierno local de la carga financiera y, en ocasiones, operacional de la eliminación de los desechos/productos/materiales.
- 2) Incorporar los costos del manejo de los desechos en el precio del producto.
- 3) Promover la innovación en la tecnología de reciclado.

Este sistema contempla que las autoridades ambientales (tal como el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) deben de crear marcos reglamentarios en los que se determinen las responsabilidades de los interesados directos pertinentes, las normas relativas al contenido de mercurio y el manejo de los productos y los componentes del programa de responsabilidad ampliada del productor, además de alentar la participación de las partes interesadas y del público.

Siendo esta misma institución la encargada de la vigilancia de los resultados prácticos de los programas de responsabilidad ampliada del productor (por ejemplo, cantidad de desechos recogidos, cantidad de mercurio recuperado y costos acumulados de la recogida, el reciclado y el almacenamiento) así como de recomendar los cambios necesarios.

Debe asegurar que la responsabilidad debe recaer en todos los productores de los productos de que se trate y no debe permitir productores que no asuman sus responsabilidades, de lo contrario los demás productores tendrán que asumir costos que no son desproporcionados respecto de la parte que les corresponde a sus productos en ese mercado. (PNUMA & SCB, 2012).

Un ejemplo de esta propuesta es el caso de Austria en donde la Directiva de Residuos Eléctricos y Electrónicos en la Unión Europea, fijó objetivos de recolección, reciclaje y recuperación de equipos eléctricos y electrónicos con el fin de hacer que los fabricantes de equipos sean financieramente o físicamente responsables de sus productos al final de su vida útil. Los usuarios tienen la posibilidad de devolver sus desechos de manera gratuita para que los fabricantes dispongan racionalmente de ellos de una manera respetuosa del medio ambiente, mediante la eliminación, reutilización o renovación. (UNEP & ISWA, 2015)

Con el fin de aplicar la directiva, Austria introdujo un sistema en el que se añade una tasa de un euro (€1) sobre el precio de las lámparas. El consumidor puede recuperar este depósito a su regreso de la lámpara a un punto de venta y por lo tanto se alienta a no disponer de él en la basura doméstica. La cuota se utiliza para cubrir los costes de recogida y reciclado y ha dado lugar a una tasa de retorno más del 50%, con un 80% de todas las lámparas que contienen mercurio extraído se recicla. (UNEP & ISWA, 2015)

Para hacer que este programa se apegue a la realidad de El Salvador se debe de desarrollar una campaña de información en conjunto de la empresa privada y el gobierno, así como fijar una cuota para cubrir los costes del manejo de los desechos que sea económicamente viable a la población en general.

En cuando a las consideraciones legales para la implementación de este sistema se puede tomar como referencia a Sudáfrica quién a través de su “Ley Nacional de Medio Ambiente para Residuos” en la cual la responsabilidad de la gestión ambientalmente racional ha sido desplazada de este gobierno a la industria. Un paso importante en la aplicación de esta ley fue el desarrollo de un “Plan de Gestión de Residuos de la Industria de las lámparas por la industria de la iluminación”. Además, la Ley de Protección al Consumidor requiere que proveedores, fabricantes, importadores o distribuidores acepten y asuman la responsabilidad de la eliminación de las mercancías peligrosas, incluidas las lámparas que contienen mercurio. Como consecuencia de ello, se pusieron a disposición las instalaciones de recogida para los consumidores.

Para El Salvador los pasos equivalentes serán la modificación de la “Ley de Medio Ambiente” y su “Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos” así como de la “Ley de Protección al Consumidor”.

5.2 PROPUESTA DE IDENTIFICACIÓN, MANIPULACIÓN Y RECOLECCIÓN

Para la actividad principal para la gestión ambientalmente racional de los desechos de mercurio como lo es la Identificación, Manipulación y Recolección se retomarán las *“Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de desechos consistentes en mercurio elemental y desechos que contienen mercurio o están contaminados por este”* presentado por el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Secretaria del Convenio de Basilea (SCB), las cuales se adaptarán a la realidad de El Salvador.

5.2.1 Identificación de Desechos con Mercurio Añadido

El etiquetado de productos que contienen mercurio contribuye a asegurar la debida separación y, en consecuencia, la eliminación ambientalmente racional de productos con mercurio añadido al final de su vida útil. El productor deberá establecer un sistema de etiquetado durante el proceso de fabricación que ayude a los programas de recogida/reciclado a identificar los productos que contienen mercurio y necesitan manipulación especial (PNUMA & SCB, 2012).

No obstante en países como El Salvador siendo un país no productor de dicho tipo de productos sino más bien consumidor, el programa de Responsabilidad Extendida al Productor como ya se planteó en la sección anterior recae en los importadores de dichos productos la cual debe ser aceptada a través de un proyecto de ley; si bien la medida pueda que no esté siendo previamente adoptada por el productor, los importadores pueden aplicar este sistema sobre los productos haciendo la debida identificación sobre el empaque secundario y a través de otros sistemas de información.

En cualquiera de los casos el etiquetado tiene que cumplir el reglamento nacional de notificación del derecho a conocer la presencia, la identidad y las propiedades

de una sustancia tóxica en los productos para cumplir con el fin del Artículo 6 de la “Ley de Protección al Consumidor” que reza de la siguiente manera:

“Art. 6.- Los productos y servicios puestos en el mercado a disposición de los consumidores no deben implicar riesgos para su vida, salud o seguridad, ni para el medio ambiente, salvo los legalmente admitidos en condiciones normales y previsibles de utilización.

Los riesgos que provengan de una utilización previsible de los bienes y servicios, en atención a su naturaleza y de las personas a las que van destinados, deben ser informados previamente a los consumidores por medios apropiados.” (Ley de Protección al Consumidor. Decreto N° 776. Diario Oficial, San Salvador, El Salvador, 8 de Septiembre de 2005).

Se recomienda que la etiqueta deba especificar las condiciones precisas de funcionamiento y cuidado durante el uso e incluir instrucciones sobre manipulación hasta el final de la vida útil que alienten el reciclado y prevengan la eliminación indebida.

Con la aplicación del sistema de etiquetado “producto con mercurio añadido” se pueden lograr los siguientes objetivos (PNUMA & SCB, 2012):

- a) Informar a los consumidores en el lugar de adquisición que el producto contiene mercurio y posiblemente exija una manipulación especial al final de su vida útil;
- b) Identificar los productos en el lugar de eliminación para que queden separados de la corriente de desechos destinada a vertederos o a la incineración y así poder reciclarlos;
- c) Informar a los consumidores que un producto contiene mercurio, para que tengan información que les ayude a procurar alternativas menos perjudiciales; y
- d) Notificar el derecho a conocer sobre una sustancia tóxica.

La tendencia internacional es a que los fabricantes indiquen los productos que contienen mercurio imprimiendo en ellos el símbolo químico internacional del mercurio, "Hg".

Tal como en los Estados Unidos es obligatorio que los productos con mercurio añadido lleven el símbolo mostrado en la Figura 5.2 (y Figura 5.3):



Figura 5.2 Símbolo de uso obligatorio en los productos con mercurio añadido en los Estados Unidos. Fuente: (PNUMA & SCB, 2012).



Figura 5.3 Identificación de Bombilla con Contenido de Mercurio Fuente: (PNUMA, 2008)

Por otro lado en la Unión Europea, el símbolo químico "Hg" es obligatorio que figure impreso en las baterías que contienen mercurio según la Directiva 2006/66/CE. (PNUMA & SCB, 2012).

En caso de que el símbolo no haya sido colocado en el producto desde su origen, tal como puede suceder en el caso de El Salvador que únicamente es importador, se plantea como alternativa el uso de un emblema parecido en las etiquetas de las cajas de lámparas lo que daría pie al reconocimiento general de que la lámpara contiene mercurio por parte de la empresa importadora. Así mismo se podría incluir más información para explicar el uso del símbolo.

Otro mecanismo que se propone es tal cual el siguiente ejemplo de Estados Unidos:

“El 18 de junio de 2010, la Comisión Federal de Comercio de los Estados Unidos promulgó una norma en la que se exige que, a partir de enero de 2012, en el empaque de lámparas fluorescentes compactas, lámparas de diodos emisores de luz (LED) y lámparas incandescentes tradicionales, se deben pegar nuevas etiquetas que ayuden a los consumidores a seleccionar las lámparas de mayor rendimiento para sus necesidades de iluminación. En el caso de lámparas con mercurio añadido, tanto en las etiquetas como en las propias lámparas se incluirá el siguiente aviso (Ver Figura 5.4)” (PNUMA & SCB, 2012).

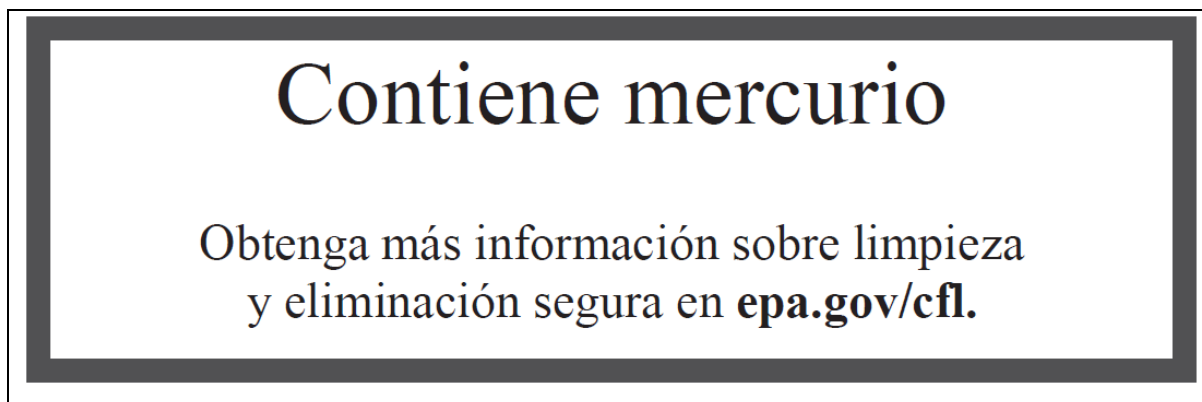


Figura 5.4 Ejemplo de etiquetado de un producto (lámpara fluorescente) Fuente: (PNUMA & SCB, 2012).

A través de este sistema el usuario reconocería claramente los peligros a los que está expuesto y de los pasos que debe de seguir para disponer adecuadamente del producto al final de su vida útil. Este sistema también ahorraría en buena medida

los problemas de aislar y clasificar los desechos para las posteriores etapas de gestión.

5.2.2 Manipulación de Desechos de Mercurio

Los encargados de manipular desechos consistentes en mercurio elemental (sean consumidores domésticos o industriales/institucionales) deben de prestar atención especial a la prevención de la evaporación y del derrame de mercurio elemental en el medio ambiente. Esos desechos deberán colocarse en un contenedor hermético a los gases y estanco que lleve un distintivo que indique que el mercurio elemental que contiene es “tóxico”. (PNUMA & SCB, 2012).

Los usuarios finales deben manipularlo de manera segura para impedir rotura o daños a los productos con mercurio añadido como lámparas fluorescentes, termómetros, dispositivos eléctricos y electrónicos, etc. Los desechos identificados no deberán mezclarse con otros. Si esos se rompen o derraman por accidente, se debe aplicar un procedimiento de limpieza. (PNUMA & SCB, 2012)

Los encargados de manipular desechos contaminados (en caso de un delegado institucional o usuario final) con mercurio no deberán mezclarlos con otros desechos. Esos desechos se colocarán en un contenedor para impedir su liberación al medio ambiente. (PNUMA & SCB, 2012).

5.2.3 Recolección de los Desechos de Mercurio

A. Separación en la Fuente

La separación y recogida de desechos consistentes en mercurio elemental y desechos que contienen mercurio o están contaminados con él; son factores fundamentales en el manejo ambientalmente racional porque, si esos desechos son eliminados simplemente como desechos sólidos urbanos sin separarlos de ningún modo, el contenido de mercurio en los desechos puede ser liberado al medio ambiente a causa del vertimiento o la incineración (PNUMA & SCB, 2012).

Es por lo anterior que se hace necesario el desarrollo de un programa para asegurar que los desechos que contienen mercurio o están contaminados con éste se separen de los desechos sólidos sin que se produzca rotura o contaminación.

Para esto se recomienda recogerlos separados de la basura de los hogares y de otros generadores de desechos, como son las empresas, las municipalidades, las escuelas y otras organizaciones, debido a la diferencia que existe entre la cantidad de desechos que genera cada uno de estos dos sectores.

Al ejecutar programas de recogida de desechos consistentes en mercurio elemental y desechos que contienen mercurio o estén contaminados con él, en particular en el caso de productos con mercurio añadido de desecho, se deberán tomar en consideración los siguientes aspectos (PNUMA & SCB, 2012):

- Dar a conocer el programa, los lugares de depósito y el calendario de recogida a todos los posibles poseedores de esos desechos;
- Dar tiempo suficiente para que los programas de recogida completen la recogida de todos esos desechos;
- Incluir en el programa, siempre y cuando sea práctica, la recogida de todos esos desechos;
- Poner a la disposición de los poseedores de los desechos que requieran reempaque o aplicación de medidas de seguridad para el transporte los contenedores aprobados y materiales para el transporte seguro;
- Establecer mecanismos de recogida simples y de bajo costo;
- Velar por la seguridad tanto de los que llevan esos desechos a los depósitos como de los trabajadores de esos depósitos;
- Asegurarse de que los operadores de los depósitos estén utilizando el método de eliminación aceptado;
- Velar por que el programa y las instalaciones cumplan todos los requisitos legislativos aplicables; y
- Cerciorarse de que esos desechos queden separados de las demás corrientes de desechos.

B. Recolección

A continuación se plantean opciones para la recolección de desechos que se priorizaron al inicio de este capítulo, que básicamente consisten en las lámparas fluorescentes, las pilas, los termómetros y los dispositivos electrónicos domésticos que contienen mercurio (las baterías de mercurio se pueden recoger junto con otros tipos de baterías).

La aplicación de los siguientes sistemas implica que las autoridades competentes determinen y autoricen entes competentes para la manipulación y transporte de los desechos a recolectar.

a. Puntos de recogida o de entrega de desechos

Esta opción supone suministrar al usuario que devolverá el producto al final de su vida útil todos los insumos necesarios para el almacenamiento adecuado del desecho en el sitio autorizado, siendo estos lugares previamente adecuados considerando requisitos como la ubicación, la facilidad de acceso para los usuarios, entre otros que alienten a que las personas no desistan en simplemente arrojar dichos desechos a la corriente común.

Los desechos que contienen mercurio se deberán descartar solo en contenedores diseñados especialmente en el punto de recogida o depósito para esos desechos a fin de evitar que se mezclen desechos de otro tipo. Los desechos que contienen mercurio deben de ser recogidos exclusivamente por operadores autorizados por los gobiernos o las autoridades pertinentes del lugar.

Para esto se deben adecuar las siguientes medidas (PNUMA & SCB, 2012):

- i. Se deberán poner a disposición del público cajas o contenedores para los desechos que contienen mercurio en los puntos de recogida de desechos existentes.
- ii. Se deberán utilizar exclusivamente para los desechos que contienen mercurio, como lámparas fluorescentes, termómetros de mercurio y pilas con mercurio contenedores de color que indiquen que son para desechos.

- iii. Los contenedores designados deberán ser todos del mismo color o llevar el mismo logotipo para facilitar la educación del público y aumentar su participación.
- iv. Se deberá evitar la rotura de lámparas fluorescentes y termómetros, entre otras cosas, mediante el diseño adecuado de las cajas e información por escrito sobre los procedimientos de recogida.
- v. Se deberán utilizar contenedores diferentes para las bombillas y las lámparas fluorescentes compactas. En el caso de las lámparas fluorescentes compactas, es importante minimizar la “caída libre” de la lámpara instalando deflectores o rebordes blandos en cascada.
- vi. Otra posibilidad es que en una pequeña caja abierta se podría “invitar” a los usuarios a colocar con cuidado sus bombillas gastadas sin romperlas. En caso de que alguna se rompa, se ventilará inmediatamente la zona y se informará al personal de antemano para que se apliquen los procedimientos de limpieza.

b. Recogida en lugares públicos o puestos de venta

En esta alternativa se plantea que los desechos que contienen mercurio, en particular las lámparas fluorescentes usadas, los termostatos, las pilas de mercurio y los termómetros puedan ser recogidos en vehículos recolectores diseñados especialmente o depositados en lugares públicos o en puestos de venta, tales como: en ayuntamientos, bibliotecas, otros edificios públicos, tiendas de artículos electrónicos, galerías de tiendas y otros lugares de venta al detalle, siempre y cuando se coloquen contenedores apropiados para la recogida.

Se deben de designar cajas o contenedores para la recolección de esos desechos que se ajusten a sus características y reduzcan al mínimo las roturas. En los lugares públicos donde se depositarán solo deberán utilizarse contenedores destinados específicamente para este fin y que hayan demostrado su capacidad para contener los vapores de mercurio de las lámparas rotas.

Los consumidores deben de poder llevar las lámparas fluorescentes usadas, las pilas de mercurio, los termostatos y los termómetros de mercurio a esos lugares sin costo alguno. Los operadores autorizados para la recogida, que serán empresas municipales o del sector privado (por ejemplo centros encargados por los fabricantes de esos productos), deben de depositar los desechos en cajas o contenedores de recogida de desechos.

Así mismo se deben de considerar los siguientes detalles (PNUMA & SCB, 2012):

- i. Las cajas o los contenedores para los desechos que contienen mercurio se deberán inspeccionar para evitar que se depositen otros desechos en ellos.
- ii. Las cajas o los contenedores deberán llevar una etiqueta y colocarse dentro de edificios, como los de instituciones públicas, escuelas y comercios, para que se puedan inspeccionar en un lugar bien ventilado o, por ejemplo, fuera del edificio en un espacio protegido y cubierto.

c. Recolección en los hogares

Los operadores autorizados podrán recoger en los hogares determinados desechos, tales como los desechos electrónicos. Para asegurar la eficacia de la recolección de desechos que contienen mercurio, es necesario establecer una medida o un mecanismo legal que ampare a los operadores locales encargados de recogerlos; por ejemplo, los gobiernos, los fabricantes de productos con mercurio añadido u otros organismos tendrán que establecer acuerdos para que los operadores locales recojan los desechos que contienen mercurio.

En otras palabras, la implementación de este sistema requiere de un esfuerzo conjunto que permita a los gobiernos municipales y empresas privadas responsables de los desechos (a través del programa de Responsabilidad Extendida del Productor) establecer un marco de cooperación respaldado a través de acuerdos legales. Estas modificaciones son concernientes al “Reglamento Especial Sobre el Manejo Integral de los Desechos Sólidos”.

En cuanto a las medidas propuestas se valora que ésta es la de más fácil implementación en el país, pues se basa en el hecho de brindar un información básica a los usuarios dejando la recolección y manipulación a personal (una vez implementado el programa) capacitado. La ventaja de este método es que permite una lógica de recolección más familiar que a diferencia del resto implica que el usuario final se movilice a algún centro de recolección.

d. Programa de recuperación mediante entregas

Los programas de recuperación mediante entregas son programas establecidos para desviar los productos de la corriente de desechos con miras a reciclarlos, reutilizarlos, repararlos o, en algunos casos, recuperarlos. Estos programas (En países como Japón) suelen ser actividades voluntarias desarrolladas por el sector privado (por ejemplo, fabricantes y, en algunos casos, comerciantes al detalle) que brindan la oportunidad a los consumidores de devolver los productos utilizados en el lugar donde los adquirieron o en algún lugar específico.

Algunos de estos programas ofrecen incentivos financieros a los consumidores, otros pueden ser de carácter obligatorio y/o estar controlados por los gobiernos, y otros además pueden financiar parcialmente las actividades de eliminación y reciclado.

Este tipo de programas es más orientado a la recuperación de productos de consumo de uso general (PNUMA & SCB, 2012), como pilas, conmutadores, termostatos, lámparas fluorescentes y otros productos con mercurio añadido, tales cuales se han priorizado en este documento.

5.3 PROPUESTA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL IN SITU EN LAS FUENTES DE GENERACIÓN

Los siguientes puntos generales deberán orientar sobre el procedimiento de almacenamiento in situ de los dispositivos de mercurio, desechos contaminados y el mercurio elemental basados en la *“Guía para la limpieza, almacenamiento temporal o intermedio y transporte de desechos de mercurio desde las instalaciones*

de salud” desarrollada por el Programa de las Naciones Unidas para El Desarrollo y Global Environment Facilities (GEF) Global Healthcare Waste Program a través del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)

5.3.1 Emplazamiento y preparación:

El espacio de almacenamiento debe estar situado una zona segura, de acceso restringido. Si el espacio de almacenamiento se encuentra en un edificio de usos múltiples, debe ser en una habitación cerrada con llave o un espacio encerrado que pueda cerrarse con llave.

- El espacio de almacenamiento debe ser de fácil acceso al personal que esté autorizado para recoger, almacenar y transportar los desechos.
- La ventilación del espacio de almacenamiento no debe dirigir el aire hacia las zonas muy pobladas y debe estar lejos de cualquier salida o admisión de aire.
- Debe hacerse una estimación del volumen previsto de mercurio y desperdicios de mercurio a ser almacenado y este valor se debe usar para determinar el tamaño mínimo del espacio de almacenamiento y los tipos y tamaños de los recipientes.
- Los desechos de mercurio deben mantenerse separados de los desechos ordinarios, los desechos infecciosos y otros tipos de desechos.

Requisitos de diseño del espacio de almacenamiento:

- Un techo y paredes que lo protejan del clima, insectos y otros animales; un techo inclinado para drenar el agua y es preferible mantenerla fuera del lugar.
- Piso hecho de un material que sea liso e impermeable al mercurio.
- Si hay un drenaje en el espacio de almacenamiento, debe tener una trampa de drenaje fácilmente accesible y reemplazable para capturar mercurio en caso de un derrame.
- El espacio de almacenamiento debe cerrarse con llave para prevenir robos.

- El espacio de almacenamiento debe tener ventilación que pueda expulsar el aire desde el espacio directamente hacia el exterior y controles de ventilación que puedan impedir la circulación de aire del espacio de almacenamiento al interior del resto de instalaciones.
- El espacio de almacenamiento debe tener construcción de terraplenes o barreras en el suelo o una bandeja de contención de derrames directamente debajo de los recipientes para evitar que los derrames se propaguen.
- El volumen de contención dentro de la pared, desnivel o volumen de contención de la bandeja debe ser de por lo menos 125% del volumen total de mercurio líquido almacenado.
- El Equipo de Protección de Personal, un juego de herramientas para derrames y áreas de lavado deben ubicarse cerca (pero no dentro) del espacio de almacenamiento para fácil acceso por parte del personal autorizado.
- El espacio de almacenamiento debe mantenerse fresco y seco (idealmente por debajo de 25 °C para minimizar la volatilización y por debajo del 40% de humedad relativa para minimizar la corrosión, si se utiliza recipientes y estantes de acero).

5.3.2 Etiquetado y rotulación:

Las puertas de entrada y salida del espacio de almacenamiento deben estar marcadas con señales de advertencia, tales como "Peligro: desechos peligrosos de mercurio" y el símbolo de la calavera y las tibias cruzadas de los residuos tóxicos o venenosos (Ver Figura 5.5).

Los recipientes deben estar etiquetados "Desechos de Mercurio Peligrosos" junto con una descripción del contenido y la fecha inicial de almacenamiento (Ver Figura 5.6).



Figura 5.5 Ejemplo de señal de advertencia Fuente: <http://somosemaya.com>

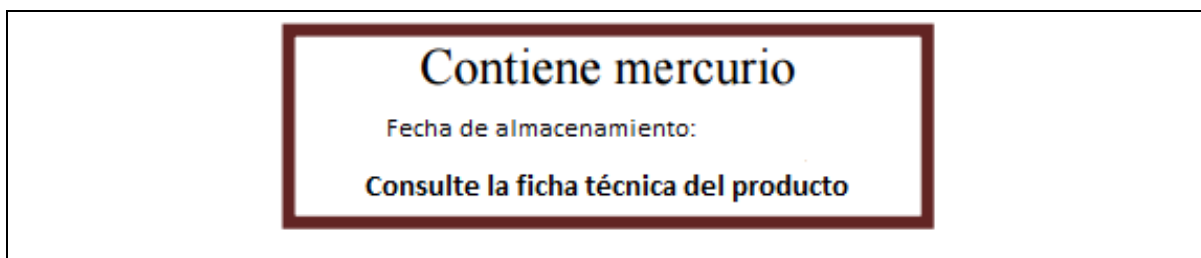


Figura 5.6 Ejemplo de etiquetado para recipientes con desechos de mercurio. Fuente: (PNUMA & SCB, 2012)

5.3.3 Almacenamiento de mercurio elemental

Cuando el mercurio elemental se almacena con el fin de la acumulación, el recipiente primario debe tener las siguientes características:

- Fácil de abrir y sellar de nuevo.
- A prueba de fugas y hermético.
- Hecho de material que no reaccione o se amalgame con mercurio
- Hecho de material que no sea frágil.
- Hecho de material resistente a la corrosión.
- Suficientemente pequeño que el peso del mercurio no sea tanto como para levantarlo (el típico límite, ergonómico, de peso es de 23.5 kg).
- Lo suficientemente pequeño para que el peso del mercurio no exceda la fuerza del recipiente.

Cuando el mercurio elemental se almacena con fines de acumulación, se debe agregar un agente de supresión de vapor o de agua al recipiente primario para proteger a las y los trabajadores cuando se añade más mercurio.

Las y los trabajadores deben utilizar Equipos de Protección Personal (EPP) incluyendo protección respiratoria (ver Figura 5.7).

El recipiente primario debe estar marcado con el tipo de desecho de mercurio y la fecha en que el mercurio se colocó en el recipiente.

Cuando se almacene mercurio elemental, el almacenamiento debe incluir un recipiente secundario que ayude a prevenir la liberación de vapor de mercurio como medida redundante de seguridad. Si el recipiente secundario no es transparente o la etiqueta en el recipiente primario no puede verse, también se le debe colocar una etiqueta, por fuera, al recipiente secundario.

Los recipientes de desechos de mercurio que se utilicen para la acumulación deben estar sobre una bandeja plástica o bandeja de control de derrames para recibir cualquier derrame durante el llenado. El volumen de contención del azafate o bandeja debe exceder el volumen total de mercurio líquido almacenado en el recipiente.



Figura 5.7 Equipo de protección personal para manipulación de desechos de mercurio
Fuente: <http://www.descont.com.co/>

5.3.4 Mecanismo de almacenamiento de mercurio

Dado que los dispositivos de ininterrumpidos de mercurio (ej., termómetros y esfigmomanómetros) son frágiles, deben ser almacenados en forma que se reduzca la posibilidad de rotura.

Dado que los dispositivos de mercurio pueden quebrarse durante el almacenamiento o transporte, el recipiente primario debe ser resistente a la punción y hermético a menos que estén colocados en sus estuches portátiles originales o cajas individuales utilizadas durante el envío.

El recipiente primario debe estar marcado con el tipo de dispositivo de mercurio, las cantidades dentro del recipiente, la fecha inicial de almacenamiento y cualquier descripción adicional si es necesario.

Como medida de seguridad redundante, el recipiente primario debe colocarse en un recipiente secundario que impida la liberación de vapor de mercurio en caso de rompimiento de dispositivos de mercurio.

Si el recipiente secundario no es transparente o la etiqueta en el recipiente primario no puede verse, también debe colocarse, por fuera, una etiqueta en el recipiente secundario.

5.3.5 Almacenamiento de desechos contaminados con mercurio

Los desechos contaminados con mercurio que incluye vidrio quebrado u otros objetos con bordes o puntas afiladas (ej., termómetros quebrados) deben colocarse en recipientes primarios que sean resistentes a la punción, y herméticos.

Como medida redundante de seguridad, el recipiente debe colocarse en un recipiente secundario que fortalezca la prevención de liberación de vapor de mercurio.

Los desechos contaminados con mercurio que no contengan bordes o puntas agudas o que no resulten en bordes o puntas filosas cuando se dejan caer o son

aplastados (ej., trapos contaminados, toallas de papel o pedazos de alfombra) deben colocarse en un recipiente hermético primario.

Como medida redundante de seguridad, el recipiente primario debe colocarse en un recipiente secundario que prevenga aún más la liberación del vapor de mercurio.

El recipiente primario debe estar marcado con el tipo de desecho de mercurio, la cantidad estimada, la fecha en que se colocó el material dentro del recipiente y descripción adicional si es necesario.

Si el recipiente secundario no es transparente o la etiqueta sobre el recipiente primario no puede verse, también se debe colocar una etiqueta por fuera del recipiente secundario.

5.3.6 Almacenamiento de lámparas fluorescentes

Cuando se almacena lámparas fluorescentes intactas, el almacenaje debe incluir:

- Un recipiente primario que evite las roturas, de preferencia en la caja original en que se envió las lámparas. (Si está disponible, se recomienda una caja sellada con un empaque resistente al vapor, como un forro plástico o papel de aluminio. De lo contrario, puede usarse una caja grande u otra que se adapte a la forma de la lámpara.) (Ver Figura 5.8)
- Un recipiente secundario, como una lámina de plástico con cinta, que impida la liberación de vapor de mercurio como una medida de seguridad redundante. Si el recipiente secundario no es transparente o la etiqueta en el recipiente primario no se puede ver, también se debe colocar una etiqueta por fuera sobre el recipiente secundario.
- Si las lámparas fluorescentes son almacenadas en sus estuches originales, en un barril o recipiente para lámparas fluorescentes aprobado por NU, o en una caja con un revestimiento resistente al vapor, no se requiere un recipiente secundario.

- La estiba de los recipientes secundarios no deberá superar la capacidad máxima del material del recipiente ni de manera que represente un peligro de roturas por caídas o aplastamiento para el personal.



Figura 5.8 Empaques para almacenamiento de lámparas fluorescentes Fuente: <http://blogsanchezrecuperaciones.es/>

Las lámparas fluorescentes quebradas deben almacenarse como desechos que contienen mercurio.

5.3.7 Procedimientos generales

Todo el personal involucrado en la colección, almacenamiento, transporte y supervisión de desechos de mercurio debe recibir capacitación especial sobre manejo de desechos de mercurio, incluyendo la limpieza de derrames.

El espacio de almacenamiento debe ser inspeccionado cada mes para verificar si hay fugas, recipientes corroídos o quebrados, métodos inadecuados de almacenamiento, ventilación, condiciones del EPP y el área de lavado, el contenido del juego de herramientas para derrames y registros actualizados.

Se debe prestar especial atención a los desechos que tienen el potencial para generar mayores concentraciones de vapor (ej., mercurio elemental, esfigmomanómetros, termómetros, etc.).

No se debe fumar ni comer dentro ni en los alrededores del espacio de almacenamiento para lo cual es necesario indicar mediante señalizaciones esta prohibición (ver Figura 5.9).



Figura 5.9 Señales de prohibición en los sitios de almacenamiento Fuente: <http://listado.mercadolibre.com.mx/>

Debe mantenerse registros de inventarios de los tipos de desechos de mercurio, descripciones, cantidades almacenadas y las fechas iniciales de almacenamiento.

Fuente: (PNUD-FMAM, 2015).

5.4 PROPUESTA DE EMPAQUE, ETIQUETADO Y TRANSPORTE DE DESECHOS DE MERCURIO

Una vez los desechos de mercurio hayan sido recolectados, la peligrosidad de estos es aún mayor pues la concentración de éste toxico es aún mayor, es por ello que el transporte de estos es una tarea crítica que debe de desarrollarse con las medidas de seguridad adecuadas para prevenir y resguardar al personal implicado en dicha tarea así como reducir los riesgos en caso de catástrofes o accidentes durante el desarrollo de esta actividad.

5.4.1 Empaque

En la preparación para el transporte, los desechos de mercurio se deben colocar en un contenedor cerrado, estructuralmente viable, compatible con el contenido y diseño para evitar emanaciones de mercurio durante el transporte.

Si el estuche original o caja para transporte en que el equipo razonablemente se envió aún está en buenas condiciones, puede utilizarse para el traslado de las unidades intactas, esto basado en el hecho de que se desarrolle una medida de recolección en la que el usuario sea un participante clave, en este aspecto como sería en la alternativa (a) de la sección 5.2.3, o se use otra alternativa (o fusión de varias alternativas) que impliquen esta situación.

Los desechos de mercurio deben empacarse cuidadosamente totalmente con material de empaque como plástico con burbujas o espuma plástica para evitar que se rompan dentro del recipiente. Otras opciones de empaque incluyen arcilla bentonita (vendida como arena comercial para gatos y se encuentra en tierra de Fuller), caolinita (se vende para uso medicinal, producción de papel y agricultura), y vermiculita (la usan los jardineros como acondicionador del suelo, en empaque y como aislante; note que algunos productos viejos de vermiculita vendidos antes de 1,990 estaban contaminados con asbestos) (PNUMA & SCB, 2012).

Estos minerales de arcilla pueden absorber el mercurio y actuar como barrera para evitar la propagación. También se puede utilizar productos absorbentes de mercurio comerciales. El recipiente para transporte debe estar herméticamente sellado para evitar fugas de mercurio si ocurren rupturas.

Otra información a considerar es que la forma en que se transportan las lámparas fluorescentes puede ser un peligro para la salud. Un estudio realizado por la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Minnesota encontró que la forma en que se empaque y se selle las lámparas fluorescentes durante su transporte hace la diferencia en términos de salud ocupacional y ambiental. Si sólo el 5% de 30,000 lámparas en un desperfecto en el transporte, los trabajadores del transporte estarían expuestos a 160 veces a los límites de exposición recomendados por la Comisión Europea. Los investigadores recomiendan la colocación de las lámparas fluorescentes en una bolsa bien cerrada, resistente al vapor (como una bolsa de plástica-aluminio) dentro de una caja interior que a su vez se coloca en una caja externa que sea estructuralmente sólida y adecuada para evitar rupturas.

5.4.2 Etiquetado

La parte exterior del recipiente utilizado para el transporte debe tener una etiqueta clara en que se lea “Desechos de Mercurio Peligrosos.”

La etiqueta también debe incluir el contenido (la composición química o descripción de los desechos), las advertencias, procedimientos especiales de manejo en caso necesario, números de contacto de emergencia, así como el nombre e información de contacto del generador.

5.4.3 Lineamientos Generales para Transporte fuera de la Instalación

A. Preparación:

Para el transporte de grandes cantidades de desechos de mercurio, la autoridad reguladora puede emitir permisos especiales o licencias para el transportista y un registro especial para el vehículo. Al transportista con licencia se le puede dar un número o código único de identificación.

Para obtener licencia para transportar desechos de mercurio, el transportista pudiera ser sometido a una capacitación específica para desechos de mercurio, someter prueba de seguro de responsabilidad civil o fianza de garantía y deberá ofrecer copias de un plan de preparación para, y respuesta ante emergencias, independientemente de si el servicio de transporte de los desechos sea prestado por una institución pública o privada.

La capacitación pudiera incluir obligaciones legales, de planificación, dirección, manejo, inspección visual, empaque, etiquetado, carga/descarga, asegurar, fijación de rótulos, manifiesto o formularios de consignación, seguridad ocupacional, reconocimiento del peligro, mitigación de riesgos (incluyendo formas de minimizar posibilidades y consecuencias de accidentes), uso de Equipo de Primeros Auxilios (EPP), planeación de respuesta ante derrames, uso de equipo para derrames, procedimientos de emergencia y notificación de accidentes (PNUMA & SCB, 2012).

El vehículo deberá ser inspeccionado y certificado previo a obtener un registro de vehículos especiales. La autoridad reguladora podrá especificar las cantidades máximas por encima de las cuales se requiere un transportista registrado.

Por ejemplo, la autoridad reguladora puede permitir que un generador (hospital, clínica, distribuidor, etc.) transporte menos de 100 kilogramos de desechos que contengan mercurio, menos de 300 lámparas fluorescentes, y menos de 0.45 kilogramos de mercurio elemental para el transporte de desechos de mercurio por transporte terrestre hacia las instalaciones de almacenamiento en el propio vehículo del generador; las cantidades de desechos arriba de éste límite necesitarían un transportista con licencia y un vehículo registrado (PNUMA & SCB, 2012).

Un vehículo especialmente registrado, utilizado para transporte de desechos de mercurio debe cumplir con algunos criterios básicos de diseño.

Ejemplos de criterios de diseño son los siguientes:

- El vehículo registrado debe ser cerrado.
- La carrocería del vehículo debe ser de tamaño adecuado, de acuerdo con el diseño del vehículo y la carga a transportar.
- Debe haber una valla entre la cabina del conductor y la carrocería del vehículo, que esté diseñada para retener la carga si el vehículo se ve involucrado en una colisión.
- Debe existir un sistema adecuado para asegurar la carga durante el transporte.
- Vaciar los recipientes herméticos, bolsas de plástico, EPP, unidades de derrame, equipo de limpieza y los agentes de descontaminación deben transportarse en un compartimiento separado dentro del vehículo.
- El vehículo registrado debe marcarse con el nombre y dirección del transportista de desechos.

El transportista con licencia debe tener señales de alerta y pancartas apropiadas desplegadas en el vehículo registrado de acuerdo con las normas nacionales e internacionales.

Los compuestos de mercurio generalmente son categorizados en la Clase 6.1 (sustancias tóxicas) y el mercurio elemental (número 2809 de la ONU) en la Clase 8 (sustancias corrosivas).(ver señalización en la Figura 5.10)

Referente a los Códigos de Acción de Emergencia, el mercurio elemental es un 2X (rocío de agua fina, ropa de protección química líquida). A continuación se muestran ejemplos de carteles:



Figura 5.10 Señales de alerta para transporte de desechos de mercurio Fuente: <http://www.americanas.com.br/>

El transportista debe tener un plan de enrutamiento, respuesta de emergencia o plan de contingencia y números de teléfonos de emergencia antes de transportar desechos de mercurio.

El transportista también debe tener un equipo para derrames, EPP, equipo de primeros auxilios, extintor de fuego, etiquetas y recipientes extra en la cabina para su uso en caso de derrame (PNUMA & SCB, 2012).

B. Transporte de Desechos de Mercurio fuera de las Instalaciones

Antes de transportar los desechos, el transportista debe inspeccionar todos los recipientes de residuos para asegurar que están empacados y etiquetados correctamente.

Ya sea que los desechos de mercurio se transporten en un vehículo registrado o en el vehículo propio del generador, los recipientes con desechos deben colocarse en la parte posterior del vehículo (compartimiento o carrocería de carga de un camión o el maletero de un carro) y no en la sección de pasajeros.

Todos los recipientes de desechos deben estar firmemente asegurados de tal manera que no se vuelquen, deslicen o se muevan durante las aceleraciones, altos, vueltas y la conducción sobre baches y agujeros en la carretera. No se debe apilar los recipientes a más de 1.5 metros de altura para evitar que algunos artículos se aplasten (PNUMA & SCB, 2012).

El vehículo de transporte debe asegurarse con llave cuando esté cargado con desechos, excepto durante la inspección, carga y descarga.

El transportista debe transportar los desechos tan pronto como sea posible, utilizando la ruta más segura o más directa hacia las instalaciones de almacenamiento. Si el transportista recolecta desechos de mercurio procedentes de instalaciones múltiples, el plan de enrutamiento debe reflejar la más corta y segura para minimizar el tiempo y las distancias recorridas.

El transportista debe trasladar los desechos solamente a la instalación de almacenamiento o a otro transportista autorizado.

El vehículo de transporte debe mantenerse limpio y en buenas condiciones. Idealmente, el vehículo registrado debe utilizarse para el transporte de mercurio y otros desechos peligrosos. Sin embargo, si el vehículo se usa para transportar otros tipos de desechos, debe tener un recipiente sellado, grande que se use solamente para mercurio y otros desechos peligrosos y que se pueda quitar o levantar del chasis del vehículo (PNUMA & SCB, 2012).

5.5 PROPUESTA DE ALMACENAMIENTO INTERMEDIO EN UNA INSTALACIÓN CENTRAL

La presente propuesta de almacenamiento de desechos de mercurio está basada en la *“Norma Para El Almacenamiento De Sustancias Químicas Peligrosas”* aprobada a través del decreto N° 1189 y publicada en el Diario Oficial de El Salvador el 11 de noviembre de 2010.

Estas directrices generales se refieren a una instalación centralizada que será utilizada para el almacenamiento intermedio, es decir, hasta el momento en que el almacenamiento a largo plazo (almacenamiento definitivo) o cuando estén disponibles en el país las instalaciones de tratamiento y eliminación de mercurio.

Estas guías no se aplican a las instalaciones utilizadas para el procesamiento de mercurio u otras operaciones que requieren la apertura de recipientes de mercurio, tales como clasificación de desechos de mercurio, recuperación de mercurio a partir residuos ricos en mercurio, transferencia de mercurio elemental a otros recipientes (salvo en casos de emergencia), etc.

Estas instalaciones de procesamiento requieren otras características de seguridad ocupacional y ambiental más allá del ámbito de aplicación de estas directrices.

Las guías se basan en diversas fuentes. Los siguientes puntos generales deberían orientar el diseño de una planta intermedia, de almacenamiento centralizado para desechos de mercurio.

5.5.1 Emplazamiento y preparación

La instalación de almacenamiento intermedio debe estar lejos, por lo menos a 150 metros de escuelas, centros de salud, residencias, zonas densamente pobladas, instalaciones de procesamiento de alimentos, instalaciones de elaboración o almacenamiento de alimento para animales, operaciones agrícolas, cuerpos de agua (lagos, ríos, océanos, etc.), y áreas ambientalmente sensibles.

- La instalación de almacenamiento debe situarse en un área segura para evitar robos.
- La instalación de almacenamiento debe ser accesible a camiones y otros vehículos que transporten desechos de mercurio.
- La instalación de almacenamiento debe estar ubicada en un área que no sea propensa a desastres naturales, tales como inundaciones, tifones, huracanes, incendios forestales y terremotos. Si eso no fuera posible, debería adoptarse medidas para soportar o atenuar los efectos de los desastres naturales, tales como la construcción de una estructura resistente a terremotos o la conducción de adaptación sísmica, basándose en elevaciones más altas en las llanuras de inundación, mantenimiento de líneas de fuego y utilización de materiales resistentes al fuego para prevenir incendios forestales, etc.
- Siempre que sea posible, la ubicación debe tener un clima fresco para minimizar la volatilización del mercurio y un ambiente seco para reducir la corrosión.
- Las bodegas destinadas para almacenar desechos de mercurio, deben ubicarse en zonas calificadas por las instancias competentes tales como: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador y Municipalidades, considerando el ordenamiento territorial de cada lugar.
- Las bodegas deben mantener una zona de protección sanitaria, dentro y fuera de las instalaciones de la empresa, de acuerdo a la evaluación del riesgo que representen las sustancias almacenadas para el vecindario.
- En el caso de que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, o cualquiera otra instancia competente, establezcan nuevas disposiciones sobre el sistema de almacenamiento de sustancias químicas, se deberá acatar dichas disposiciones.

- El propietario o representante legal de empresas que manejen y almacenen sustancias químicas peligrosas, deberá tener plan de contingencia para la empresa, aprobado por el Cuerpo de Bomberos.

5.5.2 Requisitos generales de diseño

A fin de reducir riesgos de contaminación al ambiente e impactos a la salud, el sitio de almacenamiento de desechos de mercurio debe cumplir con las mismas disposiciones que las áreas para almacenamiento temporal en el sitio, adicionalmente para este caso son necesarios los siguientes requisitos:

- El tamaño del área de almacenamiento debe ser suficiente para mantener sin peligro el volumen previsto de desechos de mercurio procedentes de la región a la que está destinada.
- El volumen máximo estimado debe representar todos los diferentes tipos de desechos (mercurio elemental, contaminación de material de vidrio quebrado, termómetros esfigmomanómetros de mercurio en buen estado, otros que contengan mercurio y productos sanitarios, lámparas fluorescentes, amalgamas dentales), en sus envases respectivos y el espacio necesario para los estantes o bastidores, pasillos, carritos de transporte, etc.

Al utilizar una instalación existente, el tamaño de almacenamiento existente debe determinar el volumen máximo de desechos de mercurio que pueden almacenarse en las instalaciones de seguridad, teniendo en cuenta los tipos de desechos de mercurio, su empaque y otros espacios necesarios.

- Las instalaciones de almacenamiento no deben exceder el límite máximo.
- La instalación de almacenamiento debe ser muy segura con acceso controlado de cerca, detección de intrusiones y sistema de alarma.
- La instalación de almacenamiento debe tener ventilación estática o natural. Eso debiera complementarse con aire acondicionado para controlar la temperatura y la humedad.

- Los incendios representan un alto potencial catastrófico. El almacén debe tener un detector de calor, de humo de incendios, un sistema de alarma y de extinción de incendios. Deberá cumplir con los requisitos nacionales de construcción para la prevención de incendios.
- Los extintores deben ser instalados, inspeccionados regularmente y recargados cuando sea necesario. Los tipos de extintores disponibles deben ser consistentes con las clases de incendios que pueden ser posibles en la instalación (por ejemplo, papel, cartón o incendios plásticos; incendios por combustibles líquidos; incendios eléctricos; etc.).
- Además, la selección de los extintores debe tener en cuenta la necesidad de seguridad del personal, limitar la propagación de las gotas y el vapor de mercurio, la limpieza del mercurio y su recuperación después del incendio, y evitar la tensión a la corrosión de los recipientes y estantes.
- El área donde se ubican los tanques o contenedores destinados para almacenar desechos de mercurio o mercurio en estado líquido, deben disponer con un sistema de colección de derrames canalizados hacia diques de contención, con capacidad de retener el cien por ciento (100 %) del tanque de mayor volumen almacenado.
- Las instalaciones destinadas para almacenamiento deben cumplir con las condiciones de construcción que eviten las acciones de corrosión, oxidación e incompatibilidad con lo que se almacena, así como garantizar la impermeabilidad de pisos y paredes.
- La instalación eléctrica debe cumplir con las exigencias de la legislación nacional vigente, o en su ausencia debe aplicar las regulaciones internacionales para instalaciones destinadas al almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
- Toda empresa debe poseer sistema de almacenamiento de agua, no menor de quince metros cúbicos, que garantice realizar las primeras acciones en caso de emergencia, el que debe permanecer cerrado y limpio.
- El establecimiento deberá disponer con la cantidad de servicios sanitarios, de conformidad a lo establecido en el “Reglamento General Sobre Seguridad

e Higiene en los Centros de Trabajo” del Ministerio de Trabajo y Previsión Social.

- El volumen de contención dentro de la pared, desnivel o volumen de contención de la bandeja debe ser de por lo menos 125% del volumen total de mercurio líquido almacenado.
- El Equipo de Protección de Personal, un juego de herramientas para derrames y áreas de lavado deben ubicarse cerca (pero no dentro) del espacio de almacenamiento para fácil acceso por parte del personal autorizado.
- Las bodegas de almacenamiento de desechos de mercurio, independiente de otras instalaciones, dispondrán al menos de una entrada y salida de emergencia, cuando dicha área sea menor o igual que veinticinco metros cuadrados. La distancia a recorrer para alcanzar la salida deberá ser inferior a seis metros.
- Cuando el área de almacenamiento exceda los veinticinco metros cuadrados, se debe contar como mínimo de dos accesos independientes señalizados. El recorrido máximo a una vía segura de evacuación, no deberá superar los veinticinco metros.
- El propietario debe establecer e implementar un plan preventivo de accidentes y seguridad ocupacional que garantice el buen funcionamiento de:
 - Duchas y lavaojos.
 - Equipos de protección individual de acuerdo al tipo de sustancia manejada y almacenada.
 - Sistemas de protección contra incendios.
 - Equipos de control de fugas y derrames.
 - Sistemas de bombeo, tuberías y accesorios usados en operaciones de manejo de sustancias químicas.

- Bitácora de registro de incidentes y reporte de deficiencias encontradas y mejoras realizadas, lo cual debe estar disponible en las instalaciones de la empresa, para ser revisada por los técnicos del Ministerio de Salud.

La instalación de almacenamiento debe tener, por lo menos, cuatro áreas funcionales distintas y separadas:

1. Área de recepción para recibir y clasificación previa de los desechos, el reetiquetado si es necesario y la firma de documentos.
2. Área de inspección para revisar que no haya fugas, re-empaque, la contención secundaria y el re-etiquetado si es necesario.
3. Área de almacenamiento específica para desechos de mercurio.
4. Área de administración y mantenimiento de registros.

Los EPP, de limpieza de derrames, los implementos médicos de primeros auxilios y las áreas de lavado deben localizarse en el área de recepción, en la de inspección y cerca pero no dentro del área de almacenamiento.

Los EPP, de limpieza de derrames, los implementos de primeros auxilios y las áreas de lavado deben ser de fácil acceso para el personal. Los equipos de derrame deben incluir almohadillas absorbentes, revestimientos plásticos, supresores de vapor y agentes descontaminantes. Los EPP deben incluir:

- Guantes de hule o nitrilo.
- Gafas de Seguridad.
- Protección respiratoria: aparato autónomo de respiración (SCBA, por sus siglas en inglés) para derrames grandes, máscaras o mascarillas ajustadas con purificador de aire y cartuchos para vapor de mercurio, máscara con yoduro de azufre impregnada con carbón activado, máscara hecha de telilla impregnada de carbón activado a ambos lados, u otra máscara diseñada específicamente para el mercurio.
- Trajes de protección de goma o caucho de todo el cuerpo, para derrames grandes, y batas de protección.
- Cubiertas de zapatos desechables.

- Cascos.

Los drenajes en las áreas de recepción, inspección y almacenamiento deben conectarse a un sistema separado de recolección de aguas residuales y no al sistema de alcantarillado regular ni las aguas superficiales.

Los drenajes en la planta de almacenamiento deben tener un sifón fácilmente accesible y reemplazable para capturar el mercurio en el caso de un derrame.

A. Área de recepción:

El área de recepción debe tener una señal para guiar e instruir a los generadores y transportistas de desechos.

El área de recepción debe tener: una mesa para efectuar una clasificación previa de los desechos entrantes; una carreta hecha de material impermeable, como acero, caucho o plástico duro (no usar carretas de aluminio); equipos para derrame y recipientes extra de emergencia para recipientes rotos o con fugas; EPP para el personal; y una mesa separada o mostrador para la firma de documentos.

Se debe usar una carreta para transferir los desechos al área de inspección y para trasladar los desechos alrededor de la instalación.

B. Área de inspección:

El área de inspección debe estar ubicada cerca de las áreas de recepción y almacenamiento. Debido a la posibilidad de que lleguen recipientes con fugas, el área de inspección debe tener características de ingeniería para control de derrames, incluyendo diques de contención o terraplenes en el suelo.

El área de inspección debe tener una sonda de detección de vapor de mercurio, tubos detectores, u otros métodos para detectar fugas en los recipientes de mercurio.

El área de inspección debiera tener sistemas locales de ventilación, como campana de emisiones o campana cerrada, construida de acuerdo a las directivas nacionales. Idealmente, la campana debe estar conectada a un filtro de carbón activado u otro

dispositivo específicamente diseñado para eliminar el mercurio antes que el aire sea descargado.

La velocidad mínima media de la cara de la campana, cuando esté en uso, debe ser aproximadamente 0.5 metros por segundo. El tubo de escape debe estar por lo menos a 15 metros de distancia de cualquier toma de aire fresco para el edificio y deberá extenderse, por lo menos, 3 metros por encima de la línea del techo. Cuando la campana esté en uso, la velocidad del aire debe ser de al menos 15 metros por segundo para superar los efectos de tiro descendente.

El área de inspección debiera tener una bandeja de control de derrames o un dispositivo de contención sobre el cual se debe inspeccionar los desechos.

El volumen de contención de la bandeja debe ser suficientemente grande para contener la máxima cantidad de mercurio líquido que la instalación espera recibir para su inspección.

El área de inspección debiera tener recipientes extras de emergencia para utilizarse cuando haya recipientes con fugas, empaque para reemplazar, quebrado o inadecuado, etiquetas para re-etiquetar recipientes, equipos para derrames y EPP para el personal.

C. Área de almacenamiento:

El área de almacenamiento específico para desechos de mercurio debe estar claramente marcada con señales de peligro en todas las puertas que conducen a la zona de almacenamiento.

Deberá exhibirse copias de la respuesta ante derrames y procedimientos de emergencia en el área de almacenamiento con los equipos de limpieza y el Equipo de Protección Personal (EPP).

El área de almacenamiento para los desechos de mercurio debe tener supervisión continua o periódica de los niveles de mercurio en el aire ambiente utilizando monitores de vapor de mercurio.

La supervisión periódica debe tomar muestras de los niveles de mercurio, por lo menos diariamente. El equipo de supervisión debe ser capaz de detectar mercurio en el aire en partes por mil millones.

El área de almacenamiento específica para desechos de mercurio debe tener características de ingeniería de control de derrames para prevenir que los derrames salgan del área; estas deben incluir:

- Suelo que no tenga grietas, ranuras u otras aberturas donde el mercurio pudiera quedarse atrapado.
- Sistema de sellador del suelo que sea impermeable al mercurio y que haga fácil de recoger el mercurio derramado como piso plástico como soporte duradero (6 mm de espesor), de concreto u hormigón sin fisuras recubierto con epoxi.
- Contención adecuada de los diques incorporada en el sellador para pisos en todas las puertas del área de almacenamiento.

Los desechos de mercurio de los centros de salud pueden separarse de acuerdo a las siguientes categorías de riesgo, basándose en las cantidades de mercurio disponible:

- **Nivel de Riesgo 1 (mayor riesgo):** mercurio elemental, esfigmomanómetros intactos, equipos médicos que contienen grandes cantidades de mercurio, tubos gastrointestinales, dilatadores esofágicos, grandes interruptores de flotadores de mercurio y reguladores de los equipos eléctricos).
- **Nivel de Riesgo 2:** termómetros de mercurio intactos, interruptores de mercurio pequeños y reguladores pequeños de equipos eléctricos.
- **Nivel de Riesgo 3:** vidrios rotos contaminados con mercurio, limpieza de desechos de mercurio.
- **Nivel de Riesgo 4:** lámparas fluorescentes, bombillas compactas fluorescentes, amalgamas dentales.

Las estanterías y repisas de almacenamiento para el Nivel de Riesgo 1 y 2 deberán estar dotadas con bandejas de contención de plástico o estantes hechos de material impermeable al mercurio, como acero.

El volumen de contención de cada bandeja debe ser por lo menos 125% del volumen total de mercurio líquido almacenado en la bandeja. Una opción es el uso de anaqueles de almacenamiento ligeramente inclinados para recipientes de mercurio elemental para facilitar el descubrimiento de fugas. Esto no es necesario si se lleva a cabo el monitoreo continuo de los niveles de mercurio.

Las estanterías y bastidores de almacenamiento deben ser capaces de soportar el peso de los desechos de mercurio y tener apoyo cruzado por detrás y a los lados de los paneles para evitar oscilación. Los estantes y bastidores no deben estar por encima de la altura del hombro.

En áreas de actividad sísmica, se hace necesario las correas, el soporte adicional y amortiguación de los recipientes para evitar movimientos y rotura de recipientes, especialmente para los Niveles de Riesgo 1 y 2.

En las instalaciones en que se almacena otros tipos de desechos peligrosos, los desechos de mercurio no deben almacenarse cerca de productos químicos incompatibles, tales como el acetileno, metales alcalis (litio, sodio), aluminio, aminas, amoníaco, calcio, ácido fulmínico, halógenos, hidrógeno, ácido nítrico con etanol, ácido oxálico y oxidantes.

La iluminación, el espacio de los pasillos, el apilado, el arreglo de los recipientes; y la colocación de etiquetas y símbolos debe diseñarse para facilitar la inspección de la zona de almacenamiento.

El área de almacenamiento debe diseñarse para facilitar la transferencia de desechos de mercurio a largo plazo (terminal) instalación de almacenamiento o de tratamiento y depósito de desechos en el futuro.

D. Área administrativa y mantenimiento de registros

El área de administración y mantenimiento de registros debe estar separada de las áreas de recepción, inspección y almacenamiento. Se debe mantener en buen estado los registros y en un lugar seguro.

El área de administración y mantenimiento de registros debe mantener copias de las Hojas de Datos de Seguridad Material (MSDS) y fichas internacionales de seguridad química que deben estar disponibles para el personal.

La instalación de almacenamiento debe ser una instalación para no fumadores. No se debe comer en el área de almacenamiento.

5.5.3 Procedimientos de la instalación de almacenamiento

Las instalaciones de almacenamiento deberán cumplir con las licencias y los requisitos de registro y otras disposiciones de acuerdo a las leyes y reglamentos del país.

Para recibir una licencia, la instalación de almacenamiento puede ser obligada a someter un plan de monitoreo del aire ambiente, prueba de seguro de responsabilidad civil o fianza de garantía, preparación para emergencias y un plan de respuesta de emergencia, descripción de las prácticas de manejo de desechos y otras normas de procedimiento, capacitación personal y diseño de las instalaciones.

La instalación de almacenamiento puede ser inspeccionada para garantizar el cumplimiento, de conformidad con los códigos de construcción, incendios, eléctricos y otros con los códigos de salud y seguridad antes de la concesión de licencias. La autoridad reguladora podrá asignar un número identificador único o código para cada instalación de almacenamiento.

Las instalaciones de almacenamiento deben presentar informes periódicos sobre cuestiones de seguridad (incluyendo accidentes y derrames), condiciones de almacenamiento, capacidad y los datos de seguimiento a las autoridades

gubernamentales designadas, según lo requieran las leyes y reglamentos competentes.

Las instalaciones de almacenamiento deben tener un plan de gestión de desechos que establece procedimientos para su recepción, el transporte interno, su inspección, re-etiquetado, re-empaquetado, contención complementaria, almacenamiento, inspección de la instalación, limpieza general (mantenimiento), control y limpieza de derrames, procedimientos de emergencia, seguridad de las y los trabajadores (incluyendo identificación y mitigación de riesgos, uso apropiado del EPP, técnicas de ergonomía para manejo de desechos y vigilancia médica), informes y mantenimiento de registros.

Todo el personal de planta del almacenamiento debe estar familiarizado con todos los aspectos del plan de manejo de desechos peligrosos, recibir capacitación inicial y actualización periódica y estar equipado para atender los derrames y otras emergencias.

Al recibir los desechos, los recipientes deben pasar por una inspección preliminar visual para determinar el estado de empaque y recipientes sin necesidad de abrir los recipientes primarios y secundarios.

Si se sospecha de una fuga o rotura, debe llevarse los desechos inmediatamente al área de inspección.

Después de la inspección inicial, se debe llevar los desechos al área de inspección para una inspección más detallada de la integridad física y sello de los recipientes primarios y secundarios, para revisar posibles roturas de los contenidos y etiquetado apropiado; y para validar la cantidad de desechos de mercurio (por ejemplo, el peso de los recipientes, número de bolsas, número de lámparas fluorescentes, etc.).

Si los recipientes exteriores tienen que abrirse para verificar que no haya fugas, eso debe hacerse bajo la campana extractora de emisiones (sistema de ventilación local).

También pudiera utilizarse sondas o tubos detectores de mercurio para verificar las sospechas de fugas.

La instalación de almacenamiento debe tener directrices claras sobre el reempaque y contención adicional si el empaque exterior es inadecuado o si los recipientes primarios o secundarios están rotos.

Si hay indicios de fuga en el recipiente primario y/o secundario, se debe colocar los desechos en un recipiente hermético adicional de tamaño y fuerza apropiada.

La instalación de almacenamiento debe tener una clara orientación que describan cuando se debe reemplazar una etiqueta.

Las etiquetas deben decir **“Desechos de Mercurio Peligrosos”** e incluye el contenido (forma química, composición o descripción de los desechos), advertencias, procedimientos especiales de manejo si es necesario, números de emergencia, nombre e información de contacto del generador.

La instalación de almacenamiento debe agregar la siguiente información a la etiqueta existente o en una etiqueta adicional: número de la ONU o número de identificación de sustancias peligrosas para el mercurio, descripción de los desechos peligrosos (tóxico, corrosivo para el mercurio elemental), fecha en que se recibió los desechos y un código de identificación que ligue a un registro específico con detalles adicionales sobre los desechos, cantidad medida, del transportista y el generador.

El área de almacenamiento para desechos de mercurio debe monitorearse rutinariamente, incluyendo lecturas diarias de los niveles de mercurio en el aire ambiente; inspecciones semanales por fugas y recipientes corroídos o rotos y métodos inadecuados de almacenamiento, así como pruebas de rutina de las alarmas antirrobo, alarmas contra incendios, sistemas de extinción de incendios y ventilación; y las inspecciones mensuales de las condiciones del EPP y las unidades de lavado, contenido de los equipos para derrames, de los pisos (para revisar si hay grietas) y los archivos.

Inspección de los registros, incluyendo la inspección de fechas, observaciones, nombre y firma del inspector debe mantenerse y ponerse a disposición de la autoridad reglamentaria que sea requerido por ley.

Durante la inspección de las instalaciones, si se encuentra un recipiente que muestre señales de pérdida de su integridad física, debe removerse de la plataforma, cuidadosamente inspeccionado bajo la campana extractora de emisiones, colocarse dentro de un recipiente adicional y luego re-etiquetarse antes de devolverse al estante.

Se debe mantener los registros hasta el momento en que los desechos de mercurio sean transferidos a una instalación de largo plazo (terminal) o a un depósito de tratamiento de desechos.

Los registros deben estar vinculados a un número o código de identificación en las etiquetas de los desechos de mercurio.

Los registros deben incluir el nombre e información de contacto de la fuente de desechos de mercurio (incluido el número de identificación del generador si está disponible), las cantidades (número de recipientes, pesos, volumen aproximado) y descripción de los desechos (incluyendo la composición e información sobre cómo se generó los desechos de mercurio), procedimientos especiales de manipulación o advertencias si es oportuno, la fecha en que se recibieron los desechos, nombre e información de contacto del transportista (incluyendo el número de identificación del transportista si está disponible), nombre de la persona que recibe e inspecciona los desechos, cualquier nota u observaciones sobre la condición de los desechos a su recibo, cualquier medida correctiva que se haya adoptado (por ejemplo, el re-empaque o re-etiquetado), las firmas correspondientes en la nota de consignación o carta de envío.

También debe mantenerse registro de accidentes, derrames, lesiones de trabajadores y exposición química en la instalación de almacenamiento y ponerse a disposición de las autoridades gubernamentales pertinentes, según se requiera bajo las leyes y reglamentos del país.

Debido al riesgo significativo de efectos adversos para la salud, como resultado de la exposición al mercurio en las instalaciones, se debe establecer un programa de vigilancia de la salud o de vigilancia médica.

Fuente: (Norma para el Almacenamiento de Sustancias Químicas Peligrosas. Acuerdo N° 1189. Diario Oficial, San Salvador, El Salvador, 11 de Noviembre de 2010.)

5.6 PROPUESTAS DE PRE-TRATAMIENTO DE DESECHOS DE MERCURIO

Según los resultados de la investigación de los desechos de mercurio generados en El Salvador, se plantean dos alternativas de pre-tratamiento. Una enfocada específicamente a las lámparas con contenido de mercurio y otra a productos con mercurio añadido en general.

5.6.1 Tratamiento para Lámparas de Mercurio como Residuo

La primera alternativa es el aprovechamiento y valorización del residuo. Este proceso se basa en el reciclado que consiste en revalorizar las lámparas al fin de su vida útil para que retornen al mercado a través de los componentes recuperados. Estos componentes recuperados son: vidrio, cabezales de aluminio, fósforo y mercurio que puede regresar al ciclo de vida del producto o como materia prima de otros procesos productivos (Martinez, AyralaQuiroga, & Zurbriggen, 2012).

En la Figura 5.11 se esquematizan los componentes recuperados en el ciclo de reciclaje de las lámparas.

La Asociación para el Reciclado de Lámparas de España (2010) utiliza un equipo que separa los componentes de las lámparas: vidrio, cabezales de aluminio, fósforo y mercurio.

El equipo consta de un triturador, un separador, un sistema de filtración de partículas y vapor, así como de cintas para el transporte de los elementos. Los diferentes materiales no recuperados son derivados a un tratamiento posterior, reciclaje o disposición final. Durante el proceso un soplador industrial mantiene la presión

negativa. El polvo pasa a través de un sistema de filtros, siendo el último de carbón activado, antes de ser liberado a la atmósfera.



Figura 5.11 Componentes recuperados en el reciclaje de las lámparas fluorescentes Fuente: www.megaluz.com



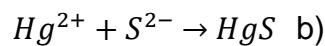
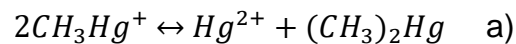
Figura 5.12 Componentes de lámparas fluorescentes post-tratamiento Fuente: www.recyclingequipos.com

5.6.2 Tratamiento de Estabilización de Mercurio como HgS

Su formación en el agua está sujeta a altas concentraciones de sulfuros y ausencia de oxígeno. El HgS tiene solubilidad baja en el agua y es difícilmente metilado. En presencia de oxígeno, el sulfuro de mercurio se puede oxidar y transformar en sulfitos y sulfato de mercurio solubles, que permiten la ionización del metal y su participación en reacciones químicas posteriores.

Es formado tan pronto como el mercurio divalente y los iones sulfuro se presentan simultáneamente. El ión sulfuro sobre el cual se forma el HgS puede ser de sulfuros como FeS y CaS; y si está presente un exceso de iones sulfuro libre se formará el complejo ionizado HgS^{2-} .

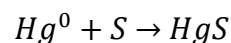
El HgS también puede ser formado de monometilmercurio en presencia de iones sulfuro, donde el equilibrio es:



El equilibrio en la reacción a puede moverse a la derecha si el Hg^{2+} es removido por la formación de HgS en la reacción b. Como el dimetilmercurio es volátil y muy poco soluble en el agua también será removido de la fase acuosa después de la formación.

El procedimiento de estabilización de mercurio comprende la transformación del Hg en HgS (metacinabrio):

Se realiza mediante molienda en molino de bolas junto con la cantidad de azufre necesaria conforme a la reacción estequiométrica:



Fuente: (Jiménez, 2005)

A. Consideraciones para una Planta de Estabilización de Mercurio como HgS:

La planta de estabilización de mercurio debe estar diseñada para poder llevar a cabo los diferentes procesos de eliminación del mercurio metálico, mediante reacción con azufre por molienda hasta obtener sulfuro de mercurio.

- Durante el proceso el cien por cien del metal se combina, el consumo de energía es bajo, no hay consumo de agua y no se generan efluentes ni residuos diferentes del producto final.
- En la planta todas las operaciones en las que intervenga el mercurio estarán confinadas, trabajando en condiciones de depresión con un sistema de ventilación que fuerce la salida del aire a través de un banco de filtros.
- En los locales con presencia de mercurio los operarios sólo entrarán para realizar labores de mantenimiento y/o intervenciones puntuales para resolver situaciones concretas por ello es necesario que la operación de los equipos se realice de forma automatizada o remotamente.
- Los trabajadores además deberán estar sujetos a un plan de vigilancia de la salud que incluya revisiones médicas y controles mensuales de mercurio en fluidos biológicos (sangre y orina).
- El manejo del azufre en polvo, por su carácter explosivo, obliga a aplicar las normas ATEX en las zonas de manejo del mismo y en las que pueda encontrarse. Así, las reacciones en el interior del molino se realizarán en atmósfera inerte de nitrógeno para una total seguridad.
- La planta debe disponer de un sistema de ventilación que actuará en las fases de almacenamiento, obtención de metacinabrio. El sistema de ventilación tendrá puntos de aspiración localizados en cada módulo.
- La zona de ventilación controlada captará el aire de los locales potencialmente contaminados a través de rejillas de aspiración, el aire será conducido hasta el local de ventilación donde pasará a través de cajones

filtrantes y finalmente por un ventilador-extractor que lo impulsará a la chimenea de descarga, provista de un sistema de depuración de mercurio del aire.

- El sistema de ventilación deberá estar diseñado de modo que el flujo de aire vaya desde los locales potencialmente menos contaminados hacia los potencialmente más contaminados y de éstos a filtración, creando un confinamiento dinámico y evitando la dispersión de la contaminación.
- La instalación necesita una red de drenajes controlados, unos acabados superficiales en suelos y paredes que permitan una fácil limpieza y un sistema contra-incendios apropiado.
- Deberá aplicarse todas las medidas pertinentes a fin de obtener la aceptación por parte de la sociedad al ofrecer una solución respetuosa con el medio ambiente, que contribuye a la protección de la salud con un tratamiento efectivo de un metal tóxico. (MAYASA, 2014).

5.7 PROPUESTA DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS DE MERCURIO

Para la disposición final ambientalmente racional de los desechos de mercurio se plantean dos alternativas, una propuesta tecnológica para el almacenamiento permanente de los desechos y la alternativa de exportación de los desechos para su disposición racional en otros países.

5.7.1 Sistema de Barreras de Seguridad

Las acciones que se desarrollan en el campo nuclear, tal como ocurre en el área que nos ocupa, generan residuos. Los residuos nucleares pueden provenir tanto de las aplicaciones médicas, industriales, de investigación y desarrollo. Para la presente propuesta específica del mercurio se deberán implementar acciones tendientes a la disposición responsable del mismo, debido a sus características.

Su magnitud depende de la escala y características de los productos que los generan para lo cual deberá contarse con un inventario a nivel general.

La utilización del hormigón como barrera ingenieril en repositorios y contenedores para residuos radiactivos de media actividad se ha planteado internacionalmente como una solución integral al problema y tiene varios antecedentes en Europa y América del Norte.

Se propone un modelo equivalente a la disposición de residuos radiactivos de media actividad para aplicar al almacenamiento seguro de mercurio. Adicionalmente, se desarrollan las condiciones geológicas mínimas para la ubicación segura de un almacenamiento permanente de residuos de mercurio.

El objetivo final de la gestión segura de los residuos es el confinamiento y aislamiento del entorno humano por un periodo de tiempo y en condiciones tales que cualquier liberación del material contenido en los mismos, no suponga un riesgo inaceptable para las personas ni para el medio ambiente, tanto para las generaciones presentes como para las futuras.

El alcance de esta gestión radica en la interposición, entre el residuo y el ecosistema de un conjunto de barreras naturales e ingenieriles. Este conjunto de barreras múltiples y redundantes tiene por objetivo impedir o eliminar la llegada de los posibles lixiviados al hombre y al ambiente.

Cada una de estas barreras, física, ingenieril y geológica, cumple una función determinada.

La barrera física permite contener y confinar los residuos, simplificando su manejo y transporte. La instalación de contenedores dentro de repositorios de disposición final, en los cuales se depositan los residuos acondicionados, constituye la barrera ingenieril y tiene como función limitar el escape, presentando un buen confinamiento durante un tiempo necesario que debería ser objeto de estudio de una investigación a profundidad sobre el ciclo de vida del mercurio.

Por último, la barrera geológica, es decir, el sitio de emplazamiento de la instalación, detendrá o retrasará el acceso del residuo al medio ambiente y al hombre en el caso que fallaran las barreras anteriores.

Las instalaciones para su disposición final se conocen como Repositorios y son usualmente estructuras monolíticas de enterramiento superficial. Estos repositorios, comúnmente llamados celdas, son los que albergan contenedores de hormigón dentro de los cuales se hallan los bultos de residuos acondicionados.

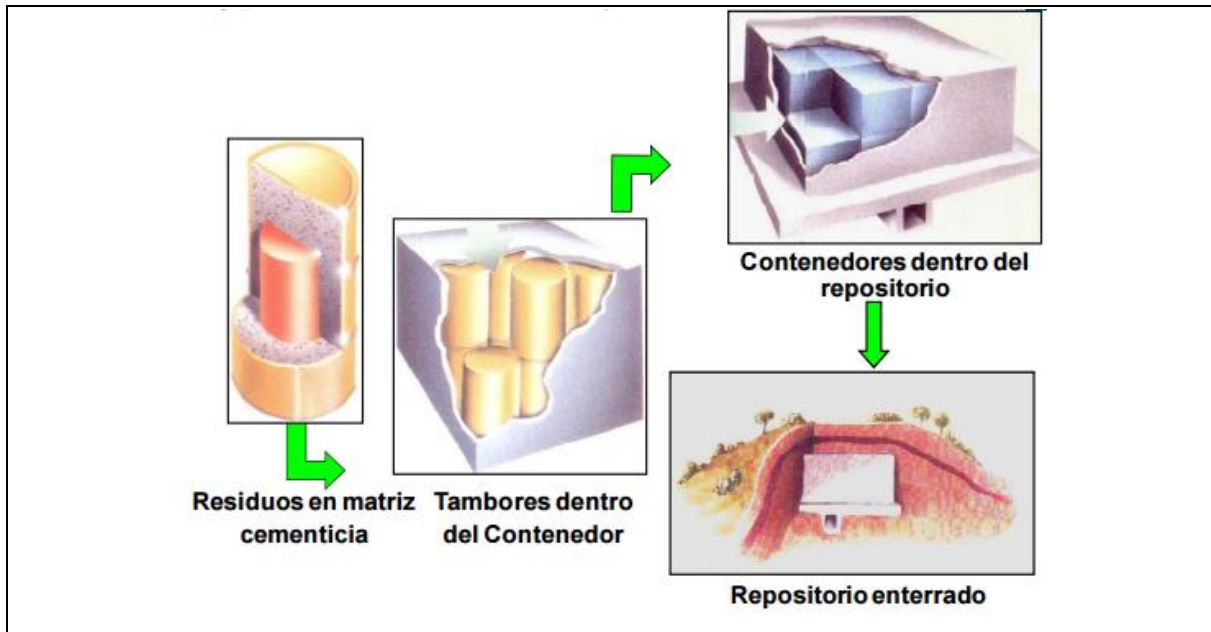
Estas celdas conforman las barreras ingenieriles del repositorio. La vida útil de estas instalaciones comprende tres etapas:

- Durante la primera, de operación, la instalación recibe los residuos acondicionados hasta colmar su capacidad.
- La segunda, de control institucional, es el lapso requerido de vigilancia mientras los residuos allí dispuestos puedan presentar riesgo para el ambiente. Como ejemplo para instalaciones de disposición de residuos radiactivos de baja actividad este período es de aproximadamente 50 a 60 años, mientras que para repositorios de media actividad es de 300 a 400 años. En el caso del mercurio debería poder determinarse cuál es el período de almacenamiento previsto y con qué grado de peligrosidad.
- La última etapa de banalización, comienza cuando el emplazamiento puede ser empleado sin restricciones para cualquier uso, es decir; cuando el impacto al individuo más expuesto sea inferior al fondo natural, sea cual fuera el uso del terreno.

En el esquema de Figura 5.13 se puede observar el sistema propuesto.

La implementación de esta propuesta origina la necesidad de efectuar estudios de durabilidad a largo plazo dirigidos a obtener un hormigón compacto de baja absorción y permeabilidad.

Para evaluar el comportamiento de estos hormigones en laboratorio e in situ, se puede proyectar una investigación y desarrollo de estos productos en una tesis de grado de disciplina correspondiente.



*Figura 5.13 Sistema propuesto para almacenaje permanente de desechos de mercurio.
Fuente: (CRBAS y Red de Centros, 2012)*

Adicionalmente al monitoreo detallado de las propiedades generales del contenedor, se deberán establecer niveles de aceptación y rechazo de las unidades para una futura fabricación en serie y la redacción de los lineamientos principales para la especificación técnica.

El proyecto comprendería la caracterización y análisis de dosificaciones con diferentes tipos de cemento y la construcción y control de calidad de un contenedor de hormigón armado, diseñado y fabricado según requerimientos técnicos estrictos, el cual sería destinado al almacenamiento del residuo.

Los estudios que se deben efectuar sobre las diferentes formulaciones de hormigón comprenden ensayos de resistencia y durabilidad, teniendo en cuenta casos de exposición al ambiente rigurosos y el llenado, compactación y curado de un prototipo escala y el monitoreo de las propiedades más relevantes con el objeto de su homologación con las obtenidas en el laboratorio.

En las siguientes fotografías (ver Figura 5.14) se puede observar la geometría propuesta tanto de la tapa como el contenedor ideales para la implementación:



Figura 5.14 Diseño de contenedor propuesto. Fuente: (CRBAS y Red de Centros, 2012)

Se propone una disposición del espacio donde se establezcan zonas separadas para actividades específicas tales como:

- Portería y vigilancia
- Oficinas administrativas
- Laboratorio de muestreo y control de calidad
- Sistema de pesaje para camiones
- Área para sanitización de camiones (post descarga)
- Estanque para captación de lixiviados
- Estanque de agua limpia
- Taller de reparaciones y mantenimiento
- Caminos interiores que permitan el acceso directo al vertedero
- Campo de disposición de desechos de mercurio
- Barreras de contención del campo de disposición de desechos
- Barreras perimetrales

A. Condiciones geológicas mínimas para la ubicación segura de un almacenamiento permanente de residuos de mercurio

Un almacenamiento permanente y seguro de residuos de mercurio se logrará con el confinamiento de los mismos mediante el empleo de un conjunto de barreras

naturales e ingenieriles, diseñadas especialmente para tal fin y materializadas en función de las condiciones del medio circundante.

Las mismas deben garantizar la estanqueidad de potenciales lixiviados o contaminantes a perpetuidad para evitar efectos negativos sobre el medio ambiente local y regional.

En forma general podemos decir que el almacenamiento permanente y seguro de residuos de mercurio podría realizarse por medio de: **Almacenamiento controlado** (combinación de barreras naturales e ingenieriles), o por **Almacenamiento en formaciones geológicamente estables** (barreras naturales).

En todos los casos deberán estudiarse con profundidad los siguientes aspectos:

1. Las características geológicas, geofísicas, hidrológicas e hidrogeológicas del sitio;
2. El tipo, cantidad y características de los residuos a confinar;
3. La lixiviación potencial que puedan producir los residuos a confinar;
4. El potencial de migración de los contaminantes en el suelo y agua, y
5. El impacto y la vulnerabilidad al entorno ambiental asociados a la actividad.

El “almacenamiento controlado (combinación de barreras naturales e ingenieriles)” tiene la ventaja de poder realizarse en cualquier tipo de terreno, siempre y cuando cumpla ciertas condiciones mínimas (restricciones) que serán comentadas más adelante.

La barrera ingenieril constituye un recinto estanco de hormigón diseñado especialmente, en la cual los residuos acondicionados son dispuestos y tiene como función evitar el escape y/o retrasar la potencial lixiviación.

La barrera geológica, es decir el sitio de emplazamiento de la instalación, detendrá o retrasará el acceso de los lixiviados al medio ambiente y al hombre, en el caso que fallarán las barreras ingenieriles (recinto de hormigón y sistema de impermeabilización y drenaje).

Respecto al “almacenamiento en formaciones geológicamente estables (barreras naturales)”, los terrenos seleccionados deberán cumplir condiciones muy estrictas y rigurosas desde el punto de vista geológico (entre ellos análisis del riesgo sísmico, consideraciones y análisis neotectónico, detección de áreas volcánicas activas, mapeo de gradientes geotérmicos, estudios hidrogeológicos, predicciones de cambio climático, etc.), que no siempre son encontradas en el país o difíciles de monitorear.

El país no cuenta con minas de sal profundas como las que se utilizan en Europa y otros países como ejemplo para almacenamiento profundo. La eliminación geológica profunda de residuos lleva un estudio de varias décadas, incluyendo pruebas de laboratorio, pozos exploratorios, y la construcción y operación de laboratorios de investigación subterráneos donde pruebas in-situ posteriores se llevan a cabo.

Sin embargo, es posible su evaluación con una completa intervención de las entidades competentes a largo plazo, hasta entonces se desaconseja la utilización en nuestro país del “almacenamiento en formaciones geológicamente estables (barreras naturales)” y se estimula el “almacenamiento controlado (combinación de barreras naturales e ingenieriles)” por las razones expuestas.

De cualquier forma en la implementación del almacenamiento permanente y seguro de residuos de mercurio será fundamental llevar una inscripción del sitio de disposición final, para ello se deberá manifestar antes de su puesta en funcionamiento los datos siguientes:

- a) Datos identificatorios de los administradores del establecimiento.
- b) Domicilio real y nomenclatura catastral.
- c) Inscripción en el registro competente manifestando que la propiedad inmueble se consigne específicamente para dicho fin.
- d) Características edilicias y de equipamiento de la planta, descripción y proyecto de cada una de las instalaciones o sitios en los cuales un residuo

peligroso este siendo manipulado, pretratado, transportado internamente y almacenado permanentemente.

- e) Descripción de los procedimientos a utilizar para las operaciones de carga y descarga, pretratamiento, almacenamiento temporal, y la capacidad de diseño de cada uno de ellos.
- f) Especificación del tipo de residuos peligrosos a ser almacenados y estimación de la cantidad anual y análisis previstos para determinar la factibilidad de su pretratamiento y/o almacenamiento en la planta en forma segura y permanente.
- g) Manual de Higiene y Seguridad a implementar en las instalaciones.
- h) Planes de contingencia ante imprevistos así como procedimientos para registro de la misma.
- i) Plan de monitoreo para controlar la calidad de las aguas subterráneas y superficiales, suelos y variables atmosféricas.

En todos los casos el sitio de almacenamiento permanente de residuos de mercurio, deberán reunir las siguientes condiciones, no excluyentes de otras que la Autoridad de Aplicación Local y/o Nacional pudiera exigir:

a. Restricciones naturales

- El sitio de almacenamiento permanente de residuos de mercurio, no deberá ubicarse en zonas en que existan fallas geológicas activas, o que estén expuestas a deslizamientos o estén afectadas por actividad volcánica o afectada por cualquier otro riesgo geológico.
- No deberá ser construida en zonas sometidas a inundaciones que ocurran con períodos de retorno inferiores a 100 años.
- No deberán estar ubicadas en suelos inestables o de baja resistencia, tales como suelos orgánicos, suelos que pierden resistencia con la compactación o con la humedad, suelos que sufran aumentos de volumen por consolidación, arcillas expansivas y arenas sujetas a asentamientos e

influencia hidráulica, a menos que el proyecto contemple procedimientos aceptables para asegurar su estabilidad y resistencia.

- No deberán estar ubicados en sitios expuestos a subsidencias o asentamientos debido a la existencia de minas subterráneas, extracción de agua, petróleo o gas, subsuelos expuestos a disolución, etc.
- No deberán ubicarse en suelos saturados, tales como riberas húmedas o el borde costero
- El nivel estático del acuífero freático debe encontrarse a una profundidad no menor de cinco metros (máxima estacional), respecto al nivel natural del terreno y la base del repositorio. Se deberá establecer el sentido de flujo del agua subterránea.
- No deberán estar ubicados en sitios que puedan afectar aguas superficiales y/o subterráneas destinadas al abastecimiento de agua potable, al riego o a la recreación
- La dirección de los vientos predominantes debe ser contraria a las zonas pobladas.
- Estar ubicado como mínimo a: 500 metros del curso-cuerpo de agua más cercano (ambientes lénticos y lóticos, cuerpos permanentes - transitorios), a 500 metros de cualquier pozo de toma de agua ya sea público o privado, a 100 metros de la ruta (pública: nacional o provincial) más cercana (distancias referidas desde el área útil de tratamiento).

b. Restricciones socioeconómicas

- El sitio de almacenamiento permanente de residuos de mercurio deberá tener acceso restringido. Sólo podrán ingresar a ésta personas debidamente autorizadas. Deberá, además, contar con una barrera sólida de al menos 1,80 metros que impida el libre acceso de personas ajenas a ella y de animales.
- No estar en zonas protegidas desde el punto de vista del patrimonio natural o cultural. Deberá estar alejado de actividades tales como almacenes de

productos inflamables o explosivos u otros que puedan potenciar las consecuencias frente a la ocurrencia de accidentes o emergencias.

- Deberá estar fuera del perímetro de restricción fijado para puertos, aeropuertos, instalaciones de manejo de explosivos, centrales nucleares y de instalaciones militares.
- El almacenamiento permanente deberá ser diseñado considerando las condiciones sísmicas de la zona donde será emplazado.
- La distancia mínima del repositorio a la periferia de los centros urbanos será de 5 Km.
- El sitio debe poseer una pendiente que se encuentre entre el 1% y el 5 % con el fin de minimizar el escurrimiento superficial.

B. Características generales (sistema ingenieril complementario sistemas de impermeabilización y drenajes).

- El terreno circundante al almacenamiento permanente en repositorios de hormigón, deberá estar dotado de un sistema de impermeabilización y drenaje.
- Es indispensable impermeabilizarse toda la periferia del repositorio (repositorio enterrado o en superficie). La impermeabilización deberá realizarse de acuerdo a los siguientes requerimientos mínimos: capa de doble sistema de impermeabilización (primario y secundario) compuesto. Por compuesto se entiende membrana natural de no menos de 1 metro de espesor con una permeabilidad menor o igual a $1 \cdot 10^{-7}$ cm/seg, más geomembrana de mínimo 1,5 milímetros, con garantía de duración. Esta última debe ser resistente a los rayos ultravioleta u otro material con capacidad físico-química-biológica al menos equivalente.
- Poseerá capas drenantes a fin de coleccionar y conducir flujos no deseados y que asegure la ausencia de un tirante de lixiviado o carga hidráulica sobre el sistema de impermeabilización.
- El sitio de almacenamiento permanente de residuos de mercurio deberá contar como mínimo con las siguientes instalaciones y sistemas:

- Sistema de caracterización y de control de los residuos.
- Sistemas de control de acceso vehicular y peatonal.
- Sistemas de seguridad y vigilancia.
- Sistemas de comunicaciones.
- Respaldo para el abastecimiento de energía.
- Acceso y caminos internos con señalizaciones adecuadas para el tránsito en el interior de la instalación (dirección, velocidad, áreas restringidas, etc.).
- Cerco perimetral, de al menos 1,80 m de altura, que impida el paso de personas o animales al sitio de disposición final y a toda instalación anexa.
- Sistema de descontaminación de las ruedas de los vehículos que hayan ingresado a los lugares de descarga de residuos.
- El sitio de almacenamiento permanente de residuos de mercurio deberá tener un Plan de Operación que contemple al menos los siguientes aspectos:
 - Recepción, muestreo, análisis y criterios de aceptación de los residuos
 - Rutas de acceso a las celdas en operación.
 - Tránsito de vehículos.
 - Descarga de los residuos.
 - Construcción de las celdas si corresponde.
 - Cubrimiento de los residuos si corresponde.
 - Tratamiento previo al almacenamiento si corresponde.
- En el sitio de almacenamiento permanente de residuos de mercurio, se deberá mantener un registro de los residuos depositados en el reservorio de hormigón. El registro deberá contener al menos la siguiente información:
 - Fecha de recepción, industria o lugar de procedencia y fecha de disposición.
 - Características de peligrosidad del residuo.
 - Cantidad, peso y volumen.
 - Características físico-químicas.

- Tratamiento al que fue sometido antes de la disposición, cuando corresponda.
- Ubicación en la celda en que fue dispuesto.

a. Plan de Monitoreo

- Se deberá elaborar un Plan de monitoreo para controlar la calidad de las aguas subterráneas y superficiales, y la atmósfera durante la fase de construcción, operación y cierre.
- Entre la base del repositorio y la napa freática debe diseñarse un sistema de monitoreo tales como los lixímetros que permitan detectar contaminación por transporte de lixiviado antes de llegar a la napa.
- Debe evitarse la generación de vapores de mercurio de los residuos, para ellos se debe hacer un monitoreo continuo.

b. Plan de Cierre

- Mantener la integridad de la cobertura y de los sistemas de drenaje superficiales.
- Mantener y operar todos los sistemas de monitoreo.
- Mantener y operar los sistemas de recolección y tratamiento de líquidos lixiviados mientras estos se produzcan.
- Mantener el cierre y el control de acceso de personas
- Colocar y mantener señalización indicando que el sitio fue utilizado para la almacenamiento de residuos peligrosos.
- Mantener la superficie del sitio de almacenamiento permanente libre de especies vegetales arbóreas o de raíces profundas que puedan afectar las barreras de impermeabilización.
- La descontaminación de los equipos e implementos no contenidos dentro del repositorio o repositorios de hormigón, contenedores, tanques, restos, estructuras y equipos que hayan sido utilizados o hayan estado en contacto con residuos peligrosos.
- Establecimiento de una vida útil de las instalaciones.

- Debido al carácter elemental y por ende indestructible del mercurio, el tiempo de almacenamiento de los desechos no es dependiente de ningún tipo de degradación química sino únicamente de la capacidad volumétrica del recinto y de la tasa con la que éste sea llenado.

5.7.2 Exportación de Desechos de Mercurio

Esta alternativa puede ser de carácter temporal mientras se genera en el país la estructura adecuada y los fondos suficientes como para la creación de la infraestructura para el tratamiento y estabilización de los desechos, así como de la infraestructura para la disposición final de los mismos.

Además esta alternativa se considera adecuada debido a los bajos volúmenes identificados de desechos de mercurio que se puedan centralizar. Algunos países pueden ver la exportación como solución provisional.

A. Alternativas para la Exportación de los Desechos de Mercurio

A continuación se presentan algunos ejemplos de cómo países que no tiene la estructura adecuada procesan sus desechos a través de la alternativa de la exportación de desechos (UNEP & ISWA, 2015).

- ✓ Exportación de catalizadores contaminados con mercurio para Recuperación/Reciclaje (Indonesia).

Indonesia tiene una importante industria de extracción de gases. Este sector genera grandes cantidades de desechos contaminados con mercurio, incluidos catalizadores. No hay instalaciones de recuperación / reciclado disponibles a escala nacional. Los Catalizadores usados, contaminados con hasta un 15% de mercurio, se exportan a empresas en Suiza y los países Bajos para su recuperación / reciclado (Ver imagen de referencia Figura 5.15).



Figura 5.15 Reciclaje de catalizadores Fuente: (UNEP & ISWA, 2015)

- ✓ Exportación de mercurio añadido en lámparas fluorescentes para recuperación/reciclaje (Filipinas).

Una compañía recicladora de Japón y una compañía colectora de filipinas establecieron una cooperativa de disposición y embarque para lámparas fluorescentes para recuperación/reciclaje. Para evitar los costos de transporte (y los riesgos asociados), la compañía está constantemente investigando la comercialización de una planta en filipinas.

- *Se transporta en contenedores de 40 pies*
 - *Envoltura plástica para prevenir quebraduras*
 - *En conformidad con el convenio de Basilea y cumplimiento de leyes nacionales*
 - *En total más de 50 toneladas han sido exportadas a la fecha.*
- ✓ Exportación de desechos de mercurio para estabilización y almacenamiento permanente de una mina de oro (Peru).

En el pasado, el mercurio de las minas de oro de Perú se recuperaba y se vendía para su procesamiento y reutilización. Recientemente, se ha decidido retirarlo del mercado para la eliminación ambientalmente racional.

- *Se colecta y almacena in situ en recipientes apropiados*
- *Se debe obtener permiso de exportación de desechos por autoridades locales*
- *Presentar los permisos sanitarios de exportación a las autoridades de aduanas*

- *Notificación para movimientos transfronterizos al país de destino en conformidad con el Convenio de Basilea + envió de solicitud al Estado de destino con el fundamento de que el país de origen no tiene la capacidad para la disposición ambientalmente racional de los desechos*
- *Tener acuerdo de importación con EU Regulación 1013/2006 en embarcaciones de desechos y legislación nacional.*
- *Inspección y disposición en países de destino*

Problemática:

No hay instalaciones disponibles en el país;

Los vertederos de residuos peligrosos no se consideran una opción.

Solución;

Exportación para la estabilización y el almacenamiento permanente en instalaciones subterráneas.

B. Consideraciones legales:

Todas las exportaciones deben ser de acuerdo al convenio de Minamata, así como normas y procedimientos del convenio de Basilea. Bajo el Convenio de Basilea las partes adoptaran medidas adecuadas para asegurar el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos que solo podrá llevarse a cabo bajo las siguientes circunstancias:

- ✓ Transporte a través de fronteras internacionales bajo el convenio de Minamata Art. 11, 3C

Cada parte tomará las medidas adecuadas que los desechos de mercurio requieren.

[...]

- (c) *Para las partes en el Convenio de Basilea no debe exportarse a través de fronteras internacionales a excepción de fines de eliminación ambientalmente racional de conformidad con el presente artículo y convenio. En circunstancias que el convenio de Basilea no sea aplicable para la*

exportación, una parte deberá permitir dicho transporte teniendo en cuenta normas y directrices internacionales pertinentes.

- ✓ Transporte transfronterizo bajo el Convenio de Basilea, Art. 9

Las partes tomarán las medidas apropiadas para asegurar que el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos solo se permita si:

- a) *El Estado de exportación no cuenta con la capacidad técnica ni las instalaciones necesarias o lugares de eliminación adecuados a fin de disponer de los desechos de una manera ambientalmente racional.*
- b) *Los desechos en cuestión son requeridos como materia prima para reciclaje o recuperación en industrias de importación del Estado.*
- c) *Los movimientos transfronterizos es en acuerdo con criterios dados de ambas partes, proveer estos criterios no difiere de los objetivos de este convenio.*

Fuente: (UNEP, 2013)

El país importador deberá contar con la infraestructura para gestionar los residuos de forma ambientalmente racional de acuerdo con su legislación nacional. Si no se toma en cuenta los requisitos de movimientos transfronterizos se considerara un envío ilegal y puede ser devuelto a su propietario.

Costos: Si la exportación podría ser una solución más barata que las alternativas depende de un número de factores, por ejemplo el volumen de los desechos de mercurio. Principales factores de costos incluyen el seguro, envasado, las aduanas, las tasas de flete y transporte, y los costos del tratamiento / almacenamiento / eliminación en el país de destino.

Importantes pasos de la exportación de ESM se incluyen los siguientes:

- Buscar soluciones regionales con el fin de evitar innecesarios riesgos asociados con el transporte de desechos de mercurio;

- Abordar las cuestiones de la propiedad, la responsabilidad y la trazabilidad; y garantizar que las normas y procedimientos de los Convenios de Minamata y Basilea y / o directrices de normas y leyes relevantes, son observadas.

CONCLUSIONES

- 1) En el Salvador los desechos de mercurio son gestionados como desechos sólidos comunes, su recolección y disposición final está a cargo de las municipalidades, debido a que no existe una separación en la fuente y no se han identificado centros de acopio para su almacenamiento temporal previa disposición final.
- 2) De acuerdo a la evaluación de impacto ambiental se encontró que 26 factores ambientales son los afectados, de estos 9 están catalogados como impactos negativos con significancia CRÍTICA debido a la gestión inadecuada de los desechos conteniendo mercurio.
- 3) Si bien se ha identificado que se generan aproximadamente 320 toneladas al año de desechos con mercurio de todo tipo en nuestro país, el peligro que estos representan no es inminente para la población salvadoreña ya que casi la totalidad está relacionada únicamente al mercurio elemental el cual tiene menores niveles de tóxicos para el ser humano que sus compuestos.
- 4) De las 320 toneladas anuales de desechos de mercurio, el 41% de éstos lo representan los desechos de tipo electrónico específicamente los interruptores los cuales poseen una dosis muy pequeña de este metal por lo tanto se puede deducir que la peligrosidad de dichos desechos es de mediana a alta intensidad.
- 5) La introducción de alternativas económicamente factibles para productos con mercurio son la principal causa de la reducción en el consumo de estos, es decir, no es por un nivel de conciencia ambiental sino por economía, esta situación deberá reforzarse a largo plazo.
- 6) El principal obstáculo a vencer para la implementación de ésta guía de gestión de desechos de mercurio es la cooperación de todos los actores involucrados para llevar a cabo la considerable logística y protocolo que se necesita para un desarrollo adecuado del proyecto.

RECOMENDACIONES

- 1) Realizar un levantamiento del inventario nacional de liberaciones y emisiones de mercurio.
- 2) Desarrollar los diseños técnicos de proyectos y obras para la construcción de las plantas de tratamientos sugeridos así como de los vertederos controlados.
- 3) Se recomienda el desarrollo de un estudio económico financiero para las alternativas de tratamiento y disposición final versus la alternativa temporal de la exportación de los desechos focalizados para su tratamiento racional en otros países.
- 4) Como medidas para la consideración de la implementación de estas propuestas se sugiere la elaboración de un plan para el desarrollo de una prueba piloto que confirme el funcionamiento de las medidas que requieren de la intervención de los consumidores.
- 5) Se recomienda el desarrollo de un programa de gestión que considere la consolidación de una política que integre a todos los actores involucrados que conlleve al establecimiento de compromisos concretos y responsabilidades de todos los que forman parte del problema.
- 6) Se propone elaborar un Programa de Responsabilidad Extendida de Productor, por considerarse una alternativa viable para la gestión racional de los desechos conteniendo mercurio.
- 7) Es deseable asegurar el compromiso de los importadores de productos con mercurio por medio de instrumentos legales que implanten medidas para facilitar la gestión de los desechos en cuestión tales como el sistema de etiquetado sugerido en ésta guía de gestión.

REFERENCIAS

- Academia Nacional de Medicina. (2006). *Seminario Internacional Clínica del Mercurio Memorias*. Bogotá, Colombia.
- Alvarado, I., Amador, O., y Cuéllar, R. (2012). *Propuesta de un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales en el Municipio de Ayutexepeque, San Salvador, El Salvador*. (Trabajo de Graduación Inédito), Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Obtenido de http://ri.ues.edu.sv/1643/1/PROPUESTA_DE_UN_SISTEMA_DE_GESTI%C3%93N_INTEGRAL_DE_RESIDUOS_S%C3%93LIDOS_MUNICIPALES_EN_EL_MUNICIPIO_DE_AY.pdf
- Asociación Mexicana de Pilas. (s.f.). *Generación y consumo nacional de pilas*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2015, de <http://www.amexpilas.org/tablas/generacion.pdf>
- Comisión Europea. (s.f.). *Lámparas de bajo consumo y salud*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2015, de <http://ec.europa.eu/health/opinions/es/lamparas-bajo-consumo/l-3/3-cfl-characteristics.htm#0p0>
- CRBAS y Red de Centros. (2012). *Almacenamiento y Disposición Ambientalmente Adecuados de Mercurio Elemental y Sus Residuos en La República Argentina*. Argentina: Centro Regional Basilea para América del Sur.
- Cuentas, M. S. (2009). *Evaluación Cualitativa del Impacto Ambiental Generado por la Actividad Minera en la Rinconada Puno*. (Tesis de Maestría, Universidad de Piura, Piura, Perú). Obtenido de <http://pirhua.udep.edu.pe/handle/123456789/1482>
- Fundación Chile. (2009). *Informe Final Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio*. (Proyecto N° 15588 – 155 – LE09). Obtenido de http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/PartneshipsAreas/Chile_Informe%20Final%20Proyecto%20Andacollo%20_1_.pdf

- GOES. (Mayo de 2010). *Programa Nacional para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos*. Gobierno de El Salvador. Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales:
http://www.marn.gob.sv/phocadownload/mids_plan_mejoramiento.pdf
- GOES. (2012). *Política Nacional del Medio Ambiente*. Gobierno de El Salvador. Obtenido de
http://www.marn.gob.sv/especiales/pnma2012/Politica_Nacional_MedioAmbiente_2012.pdf
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2008). Taller de Mercurio. *Mercurio en sistema de iluminación*. México. Obtenido de
http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcenica/2008_taller_mercurio_osram_iluminacion.pdf
- Jiménez, A. M. (2005). *Interacción del Mercurio con los Componentes de las Aguas Residuales*. (Trabajo de Graduación Inédito), Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Manizales, Colombia. Obtenido de
<http://www.bdigital.unal.edu.co/1125/1/angelicamariajimenezgomez.2005.pdf>
- Ley de Protección al Consumidor. Decreto N° 776. Diario Oficial, San Salvador, El Salvador, 8 de Septiembre de 2005.
- Martinez, C., AyralaQuiroga, M., y Zurbriggen, N. (2012). Lineamientos para la Gestión Integral de Lámparas con contenido de Mercurio como Residuo Peligroso en la Republica Argentina. *VII Congreso de Medio Ambiente /AUGM 22 al 24 de mayo*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26691/Documento_completo.pdf?sequence=1
- MAYASA. (2014). *Planta de Estabilización con Mercurio*. Madrid, España: Minas de Almadén y Arrayanes S. A. Obtenido de
http://www.mayasa.es/pdf/publicaciones/43_Planta%20de%20Estabilizaci%C3%B3n%20Mercurio.pdf

- Morente Montserrat, C. (2007). *Curso online de iluminación*. Obtenido de <http://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz-LamparasDeDescarga.php>
- Norma para el Almacenamiento de Sustancias Químicas Peligrosas. Acuerdo N° 1189. Diario Oficial, San Salvador, El Salvador, 11 de Noviembre de 2010..
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Ambientes saludables para prevenir enfermedades. El mercurio en los productos para aclarar la piel*. Ginebra, Suiza. Obtenido de http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury_flyer_sp.pdf
- PNUD-FMAM. (4 de Diciembre de 2015). *Guía para la limpieza, almacenamiento temporal o intermedio y transporte de desechos de mercurio desde las instalaciones de salud*. :Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Fondo Para El Medio Ambiente Mundial. Obtenido de Salud Sin Daño: <https://saludsindanio.org/documentos/americalatina/guia-para-limpieza-almacenamiento-transporte-desechos-mercurio-salud>
- PNUMA y SCB. (2012). *Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de desechos consistentes en mercurio elemental y desechos que contienen mercurio o están contaminados por este*. Cartagena, Colombia: Secretaría de Basilea. Obtenido de <http://www.basel.int/Portals/4/download.aspx?d=UNEP-CHW-WAST-GUID-Mercury.Spanish.pdf>
- PNUMA. (2008). *Módulo 4: El uso del mercurio en la atención a la salud y en la odontología*. Suiza: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- PNUMA Productos Químicos. (2005). *Evaluación Mundial Sobre el Mercurio*. Ginebra, Suiza: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos. Obtenido de <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/Publications/final-assessment-report-Nov05-Spanish.pdf>
- PNUMA Productos Químicos. (2005). *Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de Mercurio*. Programa de las Naciones

Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos. Obtenido de
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/Publications/Toolkit/Spanish%20UNEP%20Hg%20inventory%20toolkit.pdf>

UNEP y ISWA. (2015). *Practical Sourcebook on Mercury Waste Storage and Disposal*. United Nations Environment Programme & International Solid Waste Association. Obtenido de
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Waste%20management/Sourcebook/Sourcebook-Mercruey-FINAL-web-.pdf>



UNEP. (2008). *Modulo 1: El mercurio en productos y desechos* (Vol. I). Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme. Obtenido de
http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/AwarenessPack/Spanish/UNEP_Mod1_Spanish_Web.pdf

UNEP. (2013). *Convenio de Minamata Sobre el Mercurio, Textos y Anexos*. United Nations Environment Programme. Obtenido de
<http://www.mercuryconvention.org/Convention/tabid/3426/Default.aspx>

Weinberg, J. (2010). *Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG*. Red Internacional de Eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (IPEN). Obtenido de
http://www.ipen.org/sites/default/files/documents/ipen_mercury_booklet-es.pdf

ANEXOS

ANEXO A: RESPUESTA OFICIAL DE SOLICITUD DE INFORMACIÓN MINSAL REFERENTE A PRODUCTOS CON MERCURIO AÑADIDO EN EL SALVADOR

 DIRECCION DE PRIMER NIVEL DE ATENCION UNIDAD DE GESTION DE LOS SERVICIOS DE SALUD	 MINISTERIO DE SALUD EL SALVADOR ENFAMOCOS PARA CRECER
MEMORÁNDUM	
No: 2015-7005-305	
PARA:	Carlos Alfredo Castillo Oficina de Información y respuesta OIR
DE:	Dra. Jeanette Alvarado Directora del Primer Nivel de Atención
ASUNTO:	Respuesta a solicitud de información
FECHA:	08/mayo/2015

En respuesta a memorándum No. 2015-6017-192, en la cual se solicita información con respecto a la existencia de mercurio elemental y sus compuestos utilizados en el MINSAL, remito a Ud. la información requerida:

- Inventario de mercurio elemental en el MINSAL: Mercurio metálico químicamente puro, frasco de ¼ lb. este material se utiliza para el tratamiento curativo e interceptivo para la caries dental.

Inventario de mercurio elemental en Regiones de salud y establecimientos del
Primer Nivel de Atención del MINSAL (frasco de ¼ libra)

Movimiento en 2014	Existencia actual
1,191	336 fcos.
- En cuanto a la disposición final y manejo de desechos, de acuerdo a la Unidad de Salud bucal, el mercurio químicamente puro, en frasco de ¼ lb. se utiliza junto con limadura de plata de fase dispersa, los cuales al hacer la mezcla son utilizados y reutilizados, por lo que no se generan desechos de estos compuestos. En cuanto a los desechos hospitalarios la información la maneja la Dirección Nacional de Hospitales.
- Existencia o inventario sobre adquisición de los siguientes productos: Barómetros no electrónicos, higrómetros no eléctricos, manómetros no eléctricos, termómetros no eléctricos y esfigmomanómetros no eléctricos.

Existencia de instrumentos a base de mercurio en establecimientos del
Primer Nivel de Atención del MINSAL:

Termómetros orales y rectales	Esfigmomanómetros (Tensiómetros)
37,764	279*

*Hay existencia además del tipo aneróide, que no lleva mercurio.
No hay existencia de barómetros, higrómetros ni manómetros en los establecimientos del primer nivel de atención.

Sin otro particular, y agradeciendo su atención, me suscribo de Ud.

Atentamente

Calle Arce No.827 San Salvador, El Salvador, C.A. MINSAL Fax 2206-7410

ANEXO B: RESPUESTA OFICIAL DE SOLICITUD DE INFORMACIÓN ISSS REFERENTE A PRODUCTOS CON MERCURIO AÑADIDO EN EL SALVADOR



INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL
Unidad de Planificación y Monitoreo de Suministros

CODIGO ACTUAL	DESCRIPCION	CANTIDAD TRAMITADA 2015
4005075	ALEACION DE AMALGAMA DE PLATA EN CAPSULAS PREDOSIFICADAS DE UNA PORCION; C/U	293,600
7016166	TERMOMETRO ORAL DE MERCURIO GRADUADO EN GRADOS CENTIGRADOS.	48,858
7016168	TERMOMETRO RECTAL DE MERCURIO GRADUADO EN GRADOS CENTRIGRADOS.	6,000
A939201	TENSIOMETRO DE MERCURIO DE PARED	97
A939202	TENSIOMETRO DE MERCURIO DE PEDESTAL	79
A939203	TENSIOMETRO PEDIATRICO DE PEDESTAL	17
A939301	TENSIOMETRO PEDIATRICO DE MESA	216

Fuente: Unidad de Planificación y Monitoreo de Suministros

ANEXO C: RESPUESTA OFICIAL DE SOLICITUD DE INFORMACIÓN MARN REFERENTE A PROCESOS QUE UTILIZAN MERCURIO EN EL SALVADOR

Miguel A. Beza

From: oir <oir@marn.gob.sv>
Sent: Tuesday, December 8, 2015 9:29 AM
To: MIGUELBEZA@GMAIL.COM
Cc: 'Marina Sandoval'
Subject: Respuesta solicitud de Inf MARN-2015-0898

REF-MARN-OIR-2015-0898 Miguel Antonio Beza Estrada

Estimado Sr. Beza:

En respuesta a su solicitud de información antes referida, a continuación le transcribo respuesta recibida de los expertos de nuestra Dirección Gral. de Evaluación y Cumplimiento;

“No se tiene conocimiento de empresas locales que se dediquen a la manufactura de los productos indicados”

Agradeceremos su confirmación de recibido,

Atentamente,

*Sonia Miranda de Aguilar
Encargada Oficina de Información y Respuesta (OIR)
Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Km 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes
Edif. MARN (Instalaciones ISTA), Edif N° 2, primer nivel
San Salvador, El Salvador, C.A.
Tel: 2132-9522(Directo); Conmutador 2132-6276
oir@marn.gob.sv, saguilar@marn.gob.sv
www.marn.gob.sv*

-----Mensaje original-----

De: Info [mailto:info@gobiernoabierto.gob.sv]

Enviado el: miércoles, 25 de noviembre de 2015 09:03
Para: MIGUELBEZA@GMAIL.COM
CC: oir@marn.gob.sv
Asunto: Datos importantes - Solicitud de Información

Gracias por usar nuestro Sistema de Solicitud de Información en línea.

Su solicitud de información fue admitida con número correlativo: MARN-2015-0898

Información solicitada:

Estudios de Impacto Ambiental Relacionados a procesos, empresas o entidades dedicadas a:
Producción de cloroálcali con tecnología de mercurio Producción de VCM (monómeros de cloruro de vinilo) con bicloruro de mercurio (HgCl₂) como catalizador Producción de acetaldehídos con sulfato de mercurio (HgSO₄) como catalizador Otras formas de producción de químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores

Si su solicitud cumple con los requisitos del Art. 66 de la LAIP, a partir de este día, el Oficial de Información dispone de 10 a 20 días hábiles para entregarle su respuesta

Guarde su número correlativo, le será útil para dar seguimiento a su solicitud de información y para que el oficial de información asignado pueda atenderle de forma más rápida y segura.

Si necesita más detalles sobre el estado de su solicitud, puede comunicarse con el oficial de información asignado, por medio de los siguientes datos:

Institución:

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Oficial de información:

Marina Sandoval

Dirección:

Km 5 1/2 Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes (Instalaciones ISTA), San Salvador

Teléfono:

2132-9522 - 2132-9614

Correo electrónico:

oir@marn.gob.sv

<http://www.gobiernoabierto.gob.sv>

Gobierno Abierto El Salvador